PROJETO CONCESSÃO DE EXPLORAÇÃO DE DEPÓSITOS MINERAIS DE LÍTIO E MINERAIS ASSOCIADOS - “ROMANO”

MINA DO ROMANO

LUS • RECURS • 5®

Plano de Lavra

dezembro de 2021

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO 12
II. CARACTERIZAÇÃO DO DEPÓSITO MINERAL 48
III. CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE EXPLORAÇÃO 158
IV. LAVARIA E HIDROMETALURGIA 317
V. ENERGIA 458
VI. ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO 545
VII. RESÍDUOS 680
VIII. EDIFÍCIOS 691
ANEXOS 810
Anexo A. Balanços mássicos 811

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

ENTIDADE PROMOTORA: LUSORECURSOS PORTUGAL LITHIUM, S.A.

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO 12
1. Enquadramento do território: Região do Barroso 12
1.1. Geográfico 12
1.2. Geológico 15
1.3. Ambiental e de Conservação da Natureza 16
1.4. Ordenamento do território 18
1.5. Instrumentos de Ordenamento do Território 25
1.5.1. Plano Diretor Municipal (PDM) 25
1.5.2. Plano de Gestão da Região Hidrográfica (PGRH) 26
1.5.3. Plano Nacional da Água (PNA) 27
1.5.4. Programa Nacional da Política de Ordenamento de Território (PNPOT) 28
1.5.5. Plano Rodoviário Nacional (PRN) 28
1.5.6. Plano Regional de Ordenamento Florestal do Barroso e Padrela (PROF BeP) 29
2. Acessos 31
3. Dados da Empresa 36
4. Objetivo 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Planta da Região do Barroso 12
Figura 2 - Limites dos Concelhos de Montalegre e Boticas 14
Figura 3 - Parque Nacional da Peneda-Gerês 17
Figura 4 - Alturas do Barroso 19
Figura 5 - Freguesia de Vilarinho de Negrões, Montalegre 19
Figura 6 - Atividade predominantemente agrícola 20
Figura 7 - Antigo Centro de Formação Profissional Agrária do Barroso, Aldeia Nova, Montalegre 22
Figura 8 - Escolas ao abandono 23
Figura 9 - Campos e anexos agrícolas abandonados 23
Figura 10 - Mobilidade rodoviária-Montalegre 31
Figura 11 - Mapa com as principais estruturas viárias 34
Figura 12 - Mapa com maior detalhe circundante ao concelho de Montalegre 35

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Ordenamento do território: Uso do solo 18
Quadro 2 - População residente (N.º) por Local de residência (NUTS - 2013), Sexo e Grupo etário; Anual 21

(Página intencionalmente deixada em branco)

I. INTRODUÇÃO

1. Enquadramento do território: Região do Barroso

1.1. Geográfico

A concessão do "Romano", localiza-se na região do Alto Barroso. O Barroso constitui uma região do norte do País, fundamentalmente montanhosa e que ocupa o planalto Barrosão, situado a noroeste do distrito de Vila Real na província de Trás-os-Montes, compreendendo os concelhos de Montalegre e Boticas, sendo no concelho de Montalegre que se centra o pedido de exploração em questão, como verificado pela figura seguinte. Ambos os concelhos fazem parte da Associação de Municípios do Alto Tâmega (AMAT).

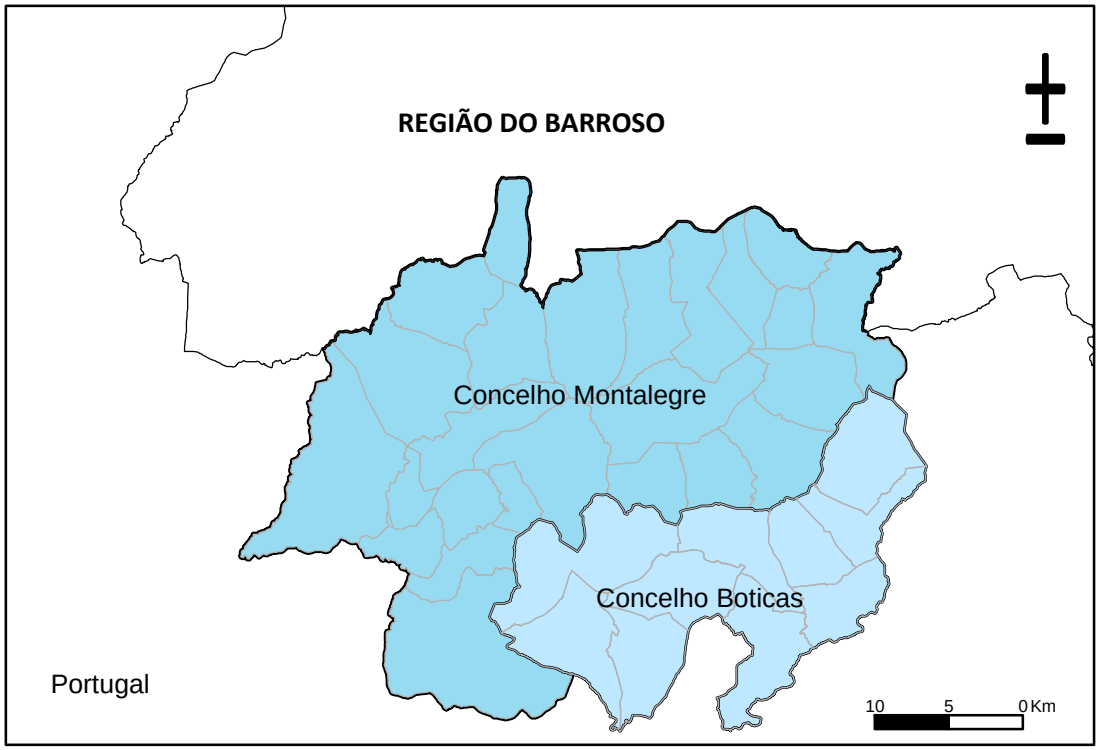


Figura 1 - Planta da Região do Barroso

O concelho de Montalegre ocupa um território que ultrapassa os 800 Km², com uma posição geográfica que inclui 70 Km de fronteira com a Galiza. Segundo o recenseamento nacional mais recente (2011) a população residente é de, aproximadamente, 11 000 habitantes (Instituto Nacional de Estatística (INE)).

O concelho abrange 25 freguesias, nomeadamente: Cabril; Cambeses do Rio, Donões e Mourilhe; Cervos; Chã; Covelo do Gerês; Ferral; Gralhas; Meixedo e Padornelos; Montalegre e Padroso; Morgade; Negrões; Outeiro; Paradela, Contim e Fiães; Pitões das Júnias; Reigoso; Salto; Santo André; Sarraquinhos; Sezelhe e Covelães; Solveira; Tourém; Venda Nova e Pondras; Viade de Baixo e Fervidelas; Vila da Ponte; Vilar de Perdizes e Meixide.

Este Município raiano com 805,46 km² de área, confronta-se geograficamente, a norte com a província espanhola da Galiza (Municípios de Lobios, Muíños, Calvos de Randín, Baltar, Cualedro e Oímbra), a sul com o Município de Cabeceiras de Basto, a sudoeste com Vieira do Minho, a oeste com o Município de Terras de Bouro, a leste com o Município de Chaves, e a sueste com o Município de Boticas, como se verifica na Figura 2.

O Concelho de Boticas estende-se por cerca de 321,46 km^2 e conta com cerca de 5 750 habitantes (censos 2011 - INE). Estabelece fronteira administrativamente com cinco concelhos pertencentes a dois distritos. Assim, os seus limites confinam a Norte com Montalegre e Chaves (Distrito de Vila Real); a Sul com Ribeira de Pena (Distrito de Vila Real); a Nascente com Chaves e Vila Pouca de Aguiar (Distrito de Vila Real); a Poente com Montalegre (Distrito de Vila Real) e Cabeceiras de Basto (Distrito de Braga), desde a Serra do Barroso até às Serras do Leiranco e Pindo, e da Serra das Melcas ou dos Marcos até ao Rio Tâmega.

O Município está subdividido em 10 freguesias: Alturas do Barroso e Cerdedo; Ardãos e Bobadela; Beça; Boticas e Granja; Codessoso, Curros e Fiães do Tâmega; Covas do Barroso; Dornelas; Pinho; Sapiãos; Vilar e Viveiro. Freguesias estas, subdivididas em 52 povoações.

Durante muitos séculos as características físicas do território, aliadas aos difíceis acessos, contribuíram para o isolamento da região. Nos últimos anos, esta barreira tem vindo a ser suplantada com a melhoria significativa das condições de acessibilidade, nomeadamente: a beneficiação da rede viária, EN-103 e ER-311, construção de novas vias, como a A24 e a A7, cuja proximidade é uma mais valia, dado que encurta a distância relativamente aos grandes polos urbanos. A sede do concelho – vila de Boticas – dista cerca de 148 km do Porto; 76 km de Vila Real; 122 km de Braga e; 23 km de Chaves; sendo para estas cidades que se registam maiores fluxos de indivíduos.

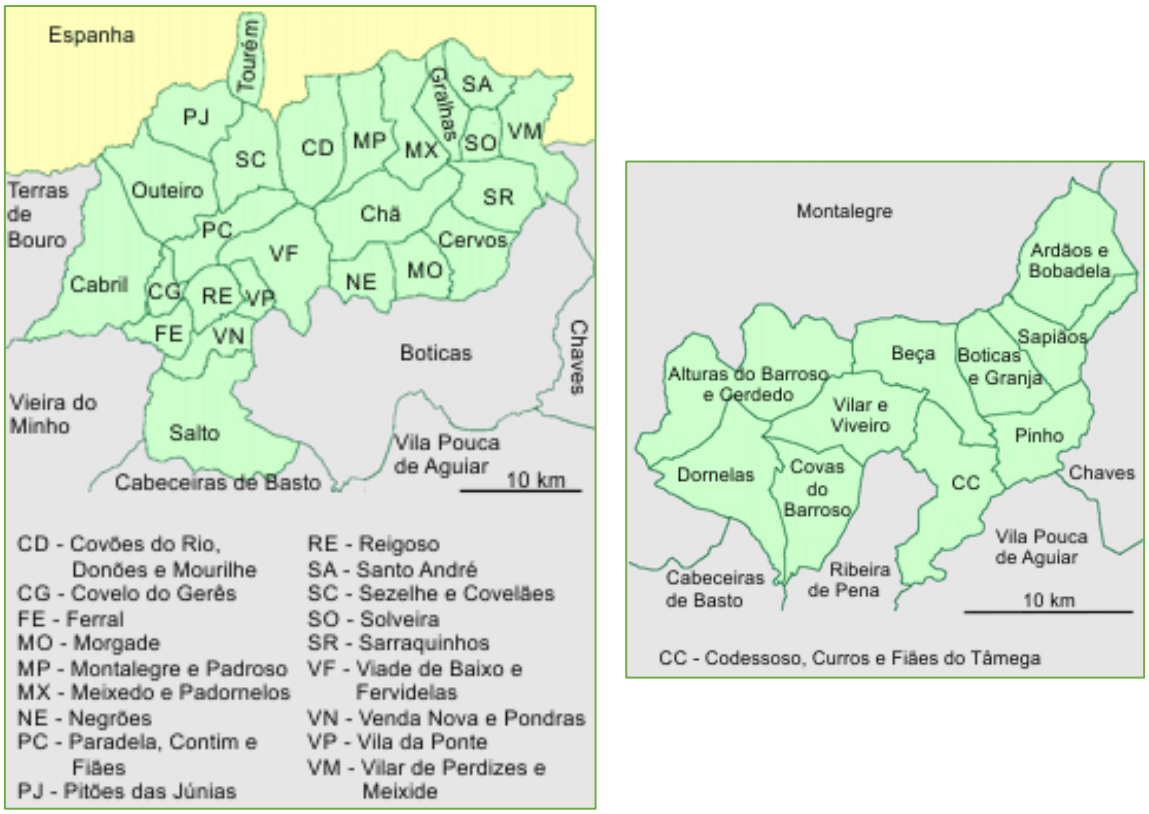


Figura 2 - Limites dos Concelhos de Montalegre e Boticas

(Fonte: https://www.visitarportugal.pt/)

No que diz respeito à rede viária existente no concelho de Montalegre, destacam-se a EN 103-9, que apresenta um sentido Norte/Sul e faz a ligação da EN 103 à sede do Concelho, seguindo em direção ao Concelho espanhol de Xinzo de Limia.

A EN 103, que liga Braga (90 Km) e Chaves (35 Km), faz um percurso que passa desde Salamonde até Fafião, contornando a serra da Cabreira com os penhascos do Gerês, avistando as albufeiras dos rios Cávado e Rabagão. Ao longo deste percurso, cruza-se Viana do Castelo, Barcelos, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Montalegre, Boticas, Chaves, Vinhais e Bragança. A EN 308 liga Montalegre às proximidades de Vieira do Minho. A EN 311 passa por Fafe, Cabeceiras de Basto, Montalegre, Boticas e Chaves.

Referenciadas como estradas regionais estão a ER 311 e a ER 311-1, vias que apresentam alguma importância supramunicipal pois estabelecem um eixo de ligação entre os quatro concelhos – Chaves, Boticas, Cabeceiras de Basto e Montalegre. A EN 308 liga Montalegre às proximidades de Vieira do Minho. A EN 311 passa por Fafe, Cabeceiras de Basto, Montalegre, Boticas e Chaves.

A ligação ao Concelho de Chaves permite ainda o acesso relativamente recente à A24, uma alternativa de acesso ao Porto e Vila Real.

1.2. Geológico

O Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) tem efetuado ao longo dos anos investigação e desenvolvimento na área dos recursos geológicos, com vista a avaliar o potencial de Portugal, no âmbito dos recursos mineiros, o que originou um relatório em 2010.

A região do Barroso, apresenta um potencial de recursos mineiros, nomeadamente o estanho, tungsténio, quartzo, feldspato e lítio.

O Tungsténio tem ocorrências registadas nas minas da Borralha, Concelho de Montalegre, considerada de grande dimensão. A produção histórica, entre os anos 1904 e 1983, com 18 505 t de Volframite e scheelite. O potencial de reserva, ainda disponível, é de 31 000 t, contendo 40 t de WO_3. A reserva não imediatamente disponível é de 128 000 t, com 160 t de WO_3. As reservas prováveis são de 440 000 t, com 575 t de WO_3.

Nos tempos modernos, numa perspetiva de consumo futuro, com um crescimento exponencial comprovado, apresenta-se o lítio. Portugal detém as maiores reservas de lítio da Europa, em particular no Alto Barroso. O lítio, é um elemento metálico constituinte de minerais como lepidolite, espodumena, petalite e ambligonite. Estes ocorrem de modo secundário nas estruturas filoneanas de quartzo e feldspato, particularmente nas de tipologia aplito-pegmatítica. O potencial de Portugal passa, também, pela Serra de Arga e Guarda. Segundo os dados do LNEG, as reservas da Serra de Arga e Alto Barroso são de grande dimensão.

1.3. Ambiental e de Conservação da Natureza

A região natural do Barroso é essencialmente uma zona de montanha de elevada altitude. Limitada a oeste pela serra do Gerês, com 1 434 m de altitude máxima, sendo esta uma das três mais altas de Portugal, estendendo-se por 30 Km desde Espanha até ao Cávado e à província do Minho; a nordeste pela serra do Larouco, com 1 525 m de altitude, com cerca de 10 Km de extensão, marcada pelos miradouros com vistas panorâmicas sobre Portugal e Espanha; a sudoeste a serra da Cabreira, que atinge 1 262 m e é uma das serras mais extensas do norte de Portugal; a sul pela serra das Alturas, também conhecida por serra do Barroso, com 1 279 m de altitude, e uma extensão de 8 Km; por fim, a menor das cinco principais serras de Barroso, a serra do Leiranco, com uma altitude de 1 156 m, que divide as bacias hidrográficas dos rios Beça e Terva.

Barroso é uma região abundante em nascentes de água, dividindo-se pelas duas bacias hidrográficas do Cávado e do Tâmega. O rio Cávado é o grande rio do Barroso, ocupando o segundo lugar na escala dos rios nacionais. Nasce na serra do Larouco, desagua junto de Montalegre, atravessa o distrito de Braga, em direção ao oceano Atlântico percorrendo uma extensão de 118 Km. Ao rio Cávado acrescentam-se o rio Rabagão, o segundo rio do Barroso, o rio Beça e o rio Terva.

A Reserva da Biosfera transfronteiriça Gerês-Xurés foi declarada em 27 de maio de 2009, pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) , e está localizada na Comunidade Autónoma da Galiza (Espanha) e na Região Norte de Portugal. Abrange uma área total de 267 958 ha distribuídos por duas áreas protegidas, o Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG) e o Parque Natural Baixa Limia-Serra do Xurés, integrando, em 1997 o Parque Transfronteiriço Gerês-Xurés, divididas por uma fronteira, mas unidas pelo contínuo natural e pela cultura.

Figura 3 - Parque Nacional da Peneda-Gerês

Para além da riqueza incontornável dos recursos culturais e naturais, identificados e valorizados como reserva da Biosfera, desta região, o PNPG, é já considerado um destino turístico do Top100 mundial, como exemplo, refere-se a Figura 3.

Reforçando este ativo natural de excelência, a UNESCO classificou a comunidade de Sistelo, Concelho dos Arcos de Valdevez, como Paisagem Cultural Evolutivo Vivo.

Estas classificações demonstram, por si só, o potencial de recursos naturais, ambientais e culturais desta região exemplar na Península Ibérica.

1.4. Ordenamento do território

O planeamento das ocupações territoriais, o potencial do aproveitamento das infraestruturas existentes e o assegurar da preservação de recursos limitados, deve fazer parte da boa gestão de cada Município.

Esta gestão da interação Homem/espaço Natural tem que ser pensada compreendendo a estrutura das ocupações humanas, nomeadamente a sua diversidade, as suas inter-relações e interações e a complexidade das razões que justificam cada uma delas.

São diversos os tipos de ocupação do homem no território e também diferentes os usos impostos ao solo.

As diferenças entre a urbanidade e a ruralidade advêm de culturas diversas, de razões completamente dissemelhantes de ocupar e usar o território, de onde resultam formas de vida singulares.

No Quadro 1, é feita uma caracterização do uso de solo em Montalegre e Boticas.

Quadro 1 - Ordenamento do território: Uso do solo

Concelho	Solo Urbano			Solo Rural
	Total	Urbanizado	Urbanizável	
Montalegre	1 634,70	1 564,00	70,70	78 912,50
Boticas	1 214,00	1 176,10	15,40	30 980,80
TOTAL	2 848,70	2 740,10	86,10	109 893,30

Unidade: ha

Fonte: INE

Pela análise do Quadro acima, é possível verificar que a área de solo rural é muito superior à área total de solo urbano, em ambos os concelhos (ocupação rural do solo, cerca de 98%).

A região de Barroso, caracteriza-se por ter uma matriz essencialmente rural, sendo possível constatar a existência de núcleos habitacionais de pequenas dimensões (Figs. 4 e 5), em que a economia depende sobretudo da atividade agrária e pecuária (Fig. 6).

Figura 4 - Alturas do Barroso

Figura 5 - Freguesia de Vilarinho de Negrões, Montalegre

Figura 6 - Atividade predominantemente agrícola

O fenómeno da desertificação é cada vez mais notável. Urge, portanto, algum tipo de ajuda às populações, por forma a poderem permanecer nas aldeias, diminuindo o seu abandono.

Quadro 2 - População residente (N.º) por Local de residência (NUTS - 2013), Sexo e Grupo etário; Anual

Período de referência dos dados	Local de residência (NUTS - 2013)	População residente (N.º)
2016	Portugal	10 309 573
	Boticas	5 217
	Montalegre	9 337
2015	Portugal	10 341 330
	Boticas	5 309
	Montalegre	9 541
2014	Portugal	10 374 822
	Boticas	5 394
	Montalegre	9 734
2013	Portugal	10 427 301
	Boticas	5 488
	Montalegre	9 935
2012	Portugal	10 487 289
	Boticas	5 591
	Montalegre	10 163
2011	Portugal	10 542 398
	Boticas	5 694
	Montalegre	10 387

Fonte: INE, Estimativas anuais da população residente

A região do Barroso perdeu, só nos últimos cinco anos, mais de 1 500 habitantes, correspondendo a uma diminuição de cerca de 9,5% na população total, como se pode verificar pelo Quadro 2.

Associados a esta diminuição de população, surgem outros problemas, relacionados com o abandono dos equipamentos urbanos e coletivos (escolas, p.e.), bem como das terras agrícolas e florestais, como se comprova na Figura 7.

Figura 7 - Antigo Centro de Formação Profissional Agrária do Barroso, Aldeia Nova, Montalegre

Figura 8 - Escolas ao abandono

Figura 9 - Campos e anexos agrícolas abandonados

Decorrente da sua situação geográfica, da sua extensa área territorial e da sua configuração orográfica, as acessibilidades deste Concelho foram sempre limitadas e difíceis, obrigando-o a relações, económica e culturalmente privilegiadas, com a vizinha Galiza que ainda hoje se mantêm. As maiores dificuldades dizem respeito aos grandes centros, devido à grande distância que os separa.

As condicionantes dos Planos Diretores Municipais (PDM's) de Montalegre e Boticas, bem como outros instrumentos de ordenamento do território, da área particular de exploração da Mina do "Romano", tais como a área prevista para a implementação do Complexo de Anexos Mineiros (doravante designado por CAM), são analisados no Estudo de Impacte Ambiental (EIA), parte integrante deste processo. Ainda assim, segue-se um breve enquadramento dos Municípios de Montalegre e Boticas nestes instrumentos.

1.5. Instrumentos de Ordenamento do Território

Um bom ordenamento e planeamento do território, deve visar a organização e infraestruturação das regiões preferenciais de expansão nos lugares sujeitos a melhor e maior dinamismo, encontrando-lhes a sua vocação, fundamentação e sustentação futura.

Os diferentes planos, para serem eficazes, têm que ser enquadráveis a diversas escalas de análise, dependendo a efetividade de todos eles da coerência dos restantes.

1.5.1. Plano Diretor Municipal (PDM)

Nos termos do previsto n.º 2 do artigo 97.º-A do Decreto-Lei n.º 46/2009 que procedeu à sexta alteração do Decreto-lei n.º 380/99 de 22 de setembro que, por sua vez, foi revogado pelo Decreto-lei n.º 80/2015 de 14 de maio, foi efetuada a 2.ª correção material do PDM de Montalegre (publicada em Diário da República (2.ª Série) n.º 146 de 31 de julho de 2014), pela primeira vez publicado em Diário da República, 2.ª série, n.º180 de 18 de setembro de 2013 no Aviso n.º 11699/2013.

A área integrada na Rede Natura 2000, identificada na planta de condicionantes, abrange a área do Sítio e Zona de Proteção Especial (ZPE) denominados Sítio Peneda Gerês (PTCON0001) e ZPE Serra do Gerês (PTZPE0002), de acordo com a lista aprovada pela Resolução de Conselho de Ministros 142/97, de 28 de agosto e Decreto-Lei n.º 384 -B/99, de 23 de setembro, respetivamente.

Nos termos do n.º 1 do artigo 79.º do Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de setembro, na redação que lhe é conferida pelo Decreto-Lei n.º 316/2007, de 19 de Setembro, a Assembleia Municipal de Boticas, em sessão realizada no dia 29 de Setembro de 2008, aprovou o PDM de Boticas. Este instrumento foi sujeito a uma retificação (Aviso n.º 849/2010, de 13 de janeiro), e alterado, recentemente, pelo Aviso n. º 8875/2019, à luz do quadro legislativo vigente à data, o qual foi, entretanto, objeto de significativa alteração, nomeadamente com a entrada em vigor da Lei de Bases Gerais da Politica Pública de Solos, do Ordenamento do Território e do Urbanismo (Lei n.º 31/2014, de 30 de maio) e do atual Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT - Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio).

Todas as condicionantes patentes nestes Planos estão contempladas no EIA, por forma a ser assegurado o seu cumprimento durante todo o processo e deste modo manter e promover o estado de conservação favorável dos valores naturais de interesse comunitário.

1.5.2. Plano de Gestão da Região Hidrográfica (PGRH)

A Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, alterada pelos pela última vez pela Lei n.º 44/2017, de 19 de junho, aprovou a Lei da Água (LA) e transpôs para a ordem jurídica interna a Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, que estabelece um quadro de ação europeu no domínio da política da água, a Diretiva-Quadro da Água (DQA).

A DQA tem como objetivo estabelecer um enquadramento para a proteção das águas superficiais interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas. Os objetivos ambientais da DQA devem ser prosseguidos através da aplicação de programas de medidas especificados nos planos de gestão das regiões hidrográficas (PGRH).

Estes planos constituem instrumentos de planeamento dos recursos hídricos e visam a gestão, a proteção e a valorização ambiental, social e económica das águas, ao nível das bacias hidrográficas integradas numa determinada região hidrográfica.

A Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça — RH2, com uma área total de 3 585 km^2, integra as bacias hidrográficas dos rios Cávado, Ave e Leça e as bacias hidrográficas das ribeiras de costa, incluindo as respetivas águas subterrâneas e águas costeiras adjacentes, conforme o disposto no Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de outubro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 117/2015, de 23 de junho.

A área abrangida pela bacia hidrográfica do rio Cávado é de 1 699 km2, dos quais cerca de 256 km^2 e 248 km^2 correspondem, respetivamente, às sub-bacias dos afluentes mais importantes: na margem direita, o rio Homem, com um comprimento de 45 km, que nasce na Serra do Gerês e drena uma área de 256 km^2; na margem esquerda, o rio Rabagão, com um comprimento de 37 km, que nasce entre as serras do Barroso e Larouco e drena uma área de 248 km^2.

O rio Rabagão alimenta a barragem do Alto Rabagão, também conhecida por Barragem dos Pisões, que se localiza próxima à área de exploração e tem uma capacidade de descarga

máxima de 500 m³/s. A sua albufeira possui uma área de cerca de 2 200 hectares e uma capacidade de 569 hm³, com um volume morto (não utilizável) de 10,77 hm³.

O Despacho n.º 2228/2013, publicado no Diário da República, 2.ª série, de 7 de fevereiro, determinou a elaboração dos PGRH que integram as regiões hidrográficas do Minho e Lima, do Cávado, Ave e Leça, do Douro, do Vouga, Mondego e Lis, do Tejo e Ribeiras do Oeste, do Sado e Mira, do Guadiana e das Ribeiras do Algarve, também designadas, respetivamente, por RH1, RH2, RH3, RH4, RH5, RH6, RH7 e RH8, para o 2.º ciclo de planeamento previsto na LA e na DQA.

A elaboração dos PGRH obedeceu ao disposto na DQA, na LA e na demais legislação nacional, designadamente, o regime jurídico de utilização de recursos hídricos e o regime jurídico económico e financeiro dos recursos hídricos. Assim, a elaboração dos referidos PGRH, para além dos princípios estabelecidos pela Lei de Bases do Ambiente, aprovada pela Lei n.º 19/2014, de 14 de abril, observa os princípios da gestão da água estabelecidos pelo artigo 3.º da LA, os princípios do planeamento das águas definidos pelo artigo 25.º do mesmo diploma e integra as diretrizes, medidas e planos definidos no âmbito do Plano Nacional da Água (PNA).

1.5.3. Plano Nacional da Água (PNA)

O Plano Nacional da Água (PNA) define a estratégia nacional para a gestão integrada da água. Estabelece as grandes opções da política nacional da água e os princípios e as regras de orientação dessa política, a aplicar pelos planos de gestão de regiões hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento das águas.

Um primeiro PNA foi aprovado pelo Decreto-Lei n.º 112/2002, de 17 de abril. Este plano, elaborado no quadro legal definido pelo Decreto-Lei n.º 45/94, de 22 de fevereiro, visava a implementação de uma gestão equilibrada e racional dos recursos hídricos.

Nos termos da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, alterada e republicada pela Lei n.º 44/2017, de 19/06, Lei da água (LA), foi elaborada a versão provisória do PNA, onde são definidas as grandes opções estratégicas da política nacional da água, a aplicar pelos PGRH para o período 2016-2021 e programas de medidas que lhes estão associados. Aponta também as grandes linhas prospetivas daquela política para o período 2022-2027 que corresponde ao 3.º ciclo de planeamento da DQA.

Do ponto de vista dos usos em Portugal, para além dos usos para o abastecimento urbano que podem encontrar -se em todas as bacias hidrográficas, as águas das bacias do rio Douro e as outras situadas a norte deste rio, Minho, Lima e Cávado, são utilizadas fundamentalmente para fins hidroelétricos (e alguns regadios tradicionais), as águas das bacias dos rios a sul do Tejo, Guadiana, Sado, Mira e ribeiras do Algarve para fins hidroagrícolas, fundamentalmente, e as águas do Tejo, Mondego e Vouga para ambos estes fins, sendo aí comuns os aproveitamentos de fins múltiplos.

Ambos os Municípios em questão (Montalegre e Boticas) respeitam as diretrizes previstas no PNA. Irão ser reutilizadas ainda as águas residuais tratadas na estação de tratamento de águas residuais das instalações.

A Lei da Água determina, no seu artigo 17.º, que o PNA seja coordenado e articulado com o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT).

1.5.4. Programa Nacional da Política de Ordenamento de Território (PNPOT)

O PNPOT, está enquadrado no Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de setembro, que estabelece o regime jurídico dos instrumentos de gestão do território (RJIGT), entretanto revogado e substituído pelo Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio. Este diploma estabelece o regime jurídico dos instrumentos de gestão do território, desenvolve as bases da política de ordenamento do território e de urbanismo e define o regime de coordenação dos âmbitos nacional, regional e municipal do sistema de gestão territorial.

1.5.5. Plano Rodoviário Nacional (PRN)

O PRN, instituído pelo Decreto-Lei nº 222/98, de 17 de julho, e alterado pelo Decreto-Lei nº 182/2003, de 16 de agosto, veio definir a rede rodoviária nacional, constituída pelas redes fundamental e complementar. Os desenvolvimentos de novas infraestruturas rodoviárias traduzem uma melhoria das condições da ocupação do solo e do ordenamento do território, tendo sempre subjacente a minimização dos impactes ambientais, o interesse público e das populações em particular, para além de permitirem otimizar a gestão da rede rodoviária nacional.

Próxima da zona de exploração, foi alterada a ER 311 Cabeceiras de Basto-Boticas (entroncamento da EN 312).

1.5.6. Plano Regional de Ordenamento Florestal do Barroso e Padrela (PROF BeP)

Uma gestão correta dos espaços florestais passa necessariamente pela definição de uma adequada política de planeamento tendo em vista a valorização, a proteção e a gestão sustentável dos recursos florestais.

Os princípios orientadores da política florestal definida na Lei de Bases da Política Florestal, aprovada pela Lei nº 33/96, de 17 de Agosto, nomeadamente os relativos à organização dos espaços florestais, determinam que o ordenamento e gestão florestal se fazem através de planos regionais de ordenamento florestal (PROF), cabendo a estes a explicitação das práticas de gestão a aplicar aos espaços florestais, manifestando um caráter operativo face às orientações fornecidas por outros níveis de planeamento e decisão política.

O Plano Regional de Ordenamento Florestal do Barroso e Padrela (PROF BeP) apresenta um diagnóstico da situação atual na região, com base numa ampla recolha de informação necessária ao planeamento florestal, e efetua uma análise estratégica que permite definir objetivos gerais e específicos, delinear propostas de medidas e ações tendo em vista a prossecução de uma política coerente e eficaz, bem como definir normas de intervenção para os espaços florestais e modelos de silvicultura, aplicáveis a povoamentos tipo. A região PROF BeP localiza-se na parte Central da Região Norte, enquadrando-se na região NUTS de nível II Norte e abrange parte dos territórios englobados na NUTS III Alto Trás-os-Montes. Os municípios abrangidos são: de Boticas, Chaves, Montalegre, Murça, Valpaços e Vila Pouca de Aguiar.

A elaboração dos PROF foi determinada pela Resolução do Conselho de Ministros nº 118/2000, de 13 de Setembro, em consonância com a Lei de Bases da Política Florestal e as orientações e objetivos do Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa que consagram pela primeira vez instrumentos de ordenamento e planeamento florestal, devendo estes ser articulados com os restantes instrumentos de gestão territorial, promovendo em ampla cooperação entre o Estado e os proprietários florestais privados a gestão sustentável dos espaços florestais por eles abrangidos.

O PROF BeP foi substituído pelo PROF TMAD aprovado em Portaria 57/2019, de 11 de fevereiro, que tem especial consideração pela necessidade de reforçar a articulação com a Estratégia Nacional para as Florestas, aprofundando o alinhamento com as suas orientações estratégicas, nomeadamente nos domínios da valorização das funções ambientais dos espaços florestais e da adaptação às alterações climáticas, e ainda com a Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e Biodiversidade.

2. Acessos

Os acessos à região do concelho de Montalegre são caracteristicamente acessos sinuosos, devido ao facto de se situar numa região montanhosa. Durante muitos séculos as características físicas do território, aliadas aos difíceis acessos, contribuíram para o isolamento da região. Nos últimos anos, esta barreira tem vindo a ser suplantada com a melhoria significativa das condições de acessibilidade. Apesar da região do Barroso se localizar praticamente no extremo norte de Portugal, esta região tem uma localização central face à mobilidade existente na sua envolvente, como demostra a Figura 10.

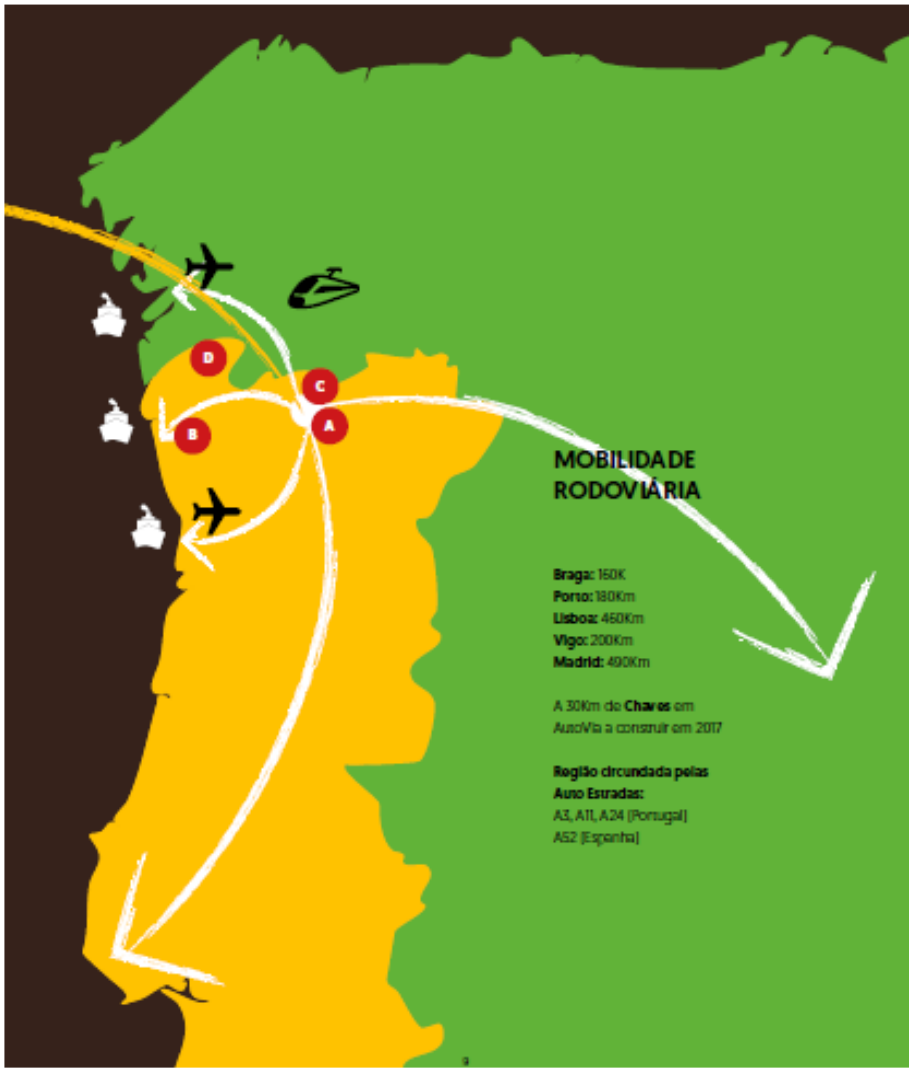


Figura 10 - Mobilidade rodoviária-Montalegre

Em termos de vias rodoviárias, a região é circundada por autoestradas, seja do lado português (A3, A11, A24 e A7), seja do lado espanhol pela (A52). Todas estas vias têm ligação direta aos principais centros urbanos, seja Lisboa, Porto, Madrid, Vigo ou Barcelona. Como vias de acesso

secundárias, mas igualmente importantes, existem a EN-103, EN 103-9, EN-308, ER-311 e ER-311-1, cuja proximidade da zona são uma mais-valia para o acesso às vias rápidas (Figs. 11 e 12).

No que concerne à rede viária existente no Concelho de Montalegre, destacam-se a EN 103-9, que apresenta um sentido Norte/Sul e faz a ligação da EN-103 à sede do Concelho, seguindo em direção ao Concelho espanhol de Xinzo de Limia. A EN-103, que liga Braga (90 Km) e Chaves (35 Km), faz um percurso que passa desde Salamonde até Fafião, contornando a serra da Cabreira com os penhascos do Gerês, avistando as albufeiras dos rios Cávado e Rabagão. Ao longo deste percurso, cruza-se Viana do Castelo, Barcelos, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Montalegre, Boticas, Chaves, Vinhais e Bragança. A EN-308 liga Montalegre às proximidades de Vieira do Minho, enquanto a EN-311 passa por Fafe, Cabeceiras de Basto, Montalegre, Boticas e Chaves.

Referenciadas como estradas regionais estão a ER-311 e a ER-311-1, vias que apresentam alguma importância supramunicipal pois estabelecem um eixo de ligação entre os quatro concelhos – Chaves, Boticas, Cabeceiras de Basto e Montalegre. A EN-308 liga Montalegre às proximidades de Vieira do Minho.

No que respeita a vias ferroviárias, Espanha está a construir a sua rede de TGV denominada de AVE, onde contará com um ponto de partida em Vigo, com cais de carga em Ourense, a uma distância de 180 Km e 80 Km, respetivamente da região do Barroso. Ressalva-se que em Chaves existe uma via ferroviária, atualmente desativada, que poderá futuramente ser reativada se as opções demostrarem ser viável, devolvendo dinamismo e um meio de transporte extra para as populações circundantes.

A nível de infraestruturas internacionais aéreas, a região apresenta os aeroportos de Vigo e do Porto, ambos a cerca de 170 Km da região do Barroso. Na via marítima, os portos de Vigo e de Leixões (Porto), apresentam condições de referência internacional de carga, a uma distância de cerca de 170 Km da região do Barroso.

O produto resultante da extração e beneficiação na Mina do “Romano” destina-se totalmente à exportação. Nesta fase, tenciona-se exportar um produto final (hidróxido de lítio mono-hidratado) e o meio de efetivar essa exportação será através do AVE de Ourense. Relativamente ao produto final que se pretende aproveitar do jazigo do Romano, de feldspatos e quartzo, estes serão conduzidos para o Complexo de Anexos Mineiros, armazenados temporariamente e depois vendidos ao cliente final. Estes materiais poderão ser

igualmente transportados para Ourense e depois deferidas via-férrea de alta velocidade (Figs. 11 e 12). O ponto de situação atual relativo ao AVE, são que as obras na cidade de Ourense estão anunciadas para que findem no último trimestre do ano de 2021, segundo as últimas notícias, reportadas no jornal "La Voz de Galicia" (28/12/2020). Após o término destas, irão começar a serem realizados os testes de circulação do comboio de alta velocidade em fase de provas. De Morgade a Ourense distam aproximadamente 86 km, sendo esta a distância a realizar para promover a exportação dos produtos finais que a Lusorecursos *Portugal Lithium*, S.A. pretende transformar (hidróxido de lítio ultrapuro e recursos minerais secundários de feldspato e quartzo).

As vias de acesso e de escoamento de materiais, sempre que for possível, serão utilizadas as já existentes, com reabilitação/obras de manutenção a serem executadas. No projeto prevê-se o melhoramento também dos acessos às zonas de extração, assim como criação/recuperação, caminhos de acesso florestal para o contínuo acesso das populações locais aos seus campos agrícolas.

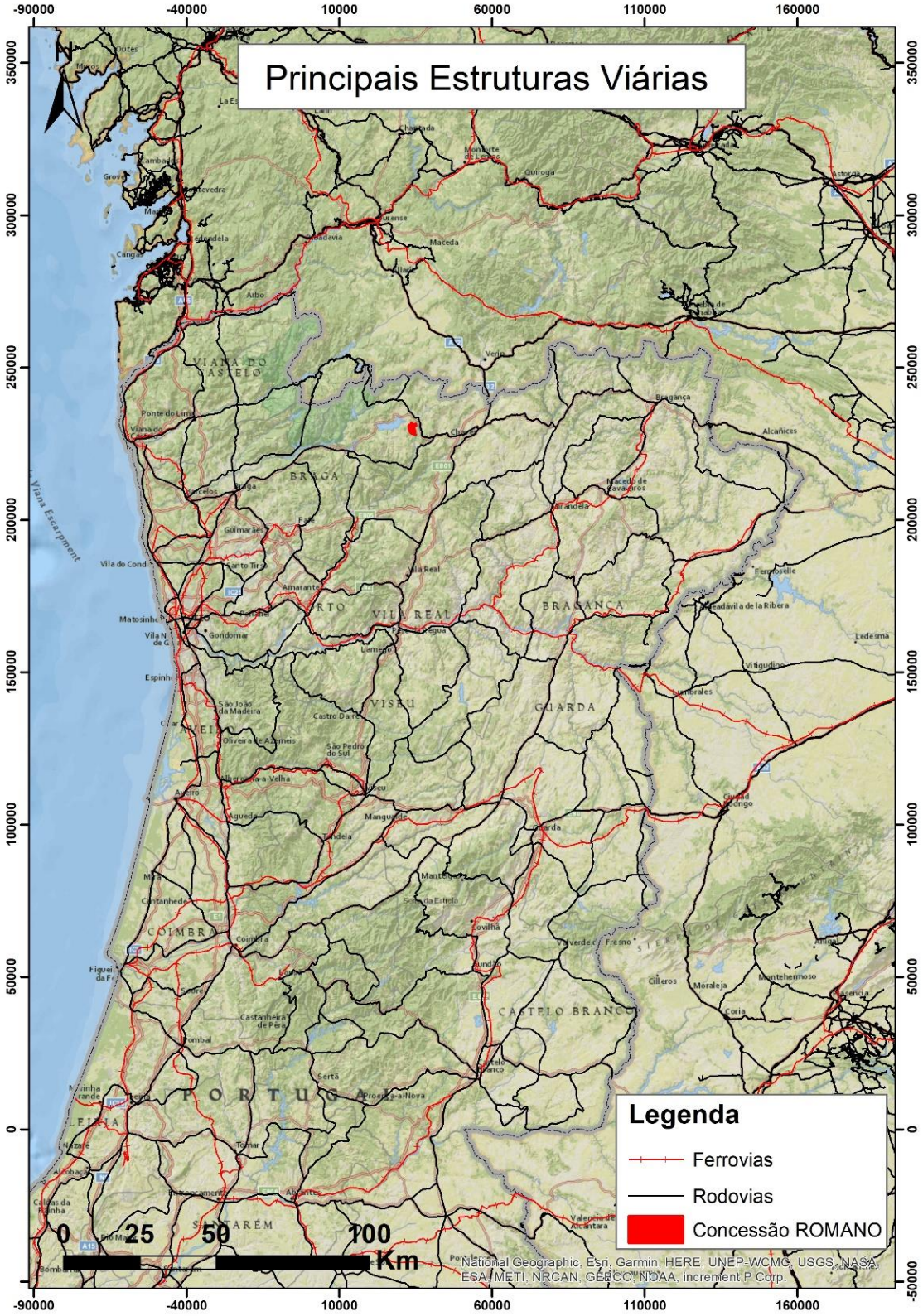


Figura 11 - Mapa com as principais estruturas viárias

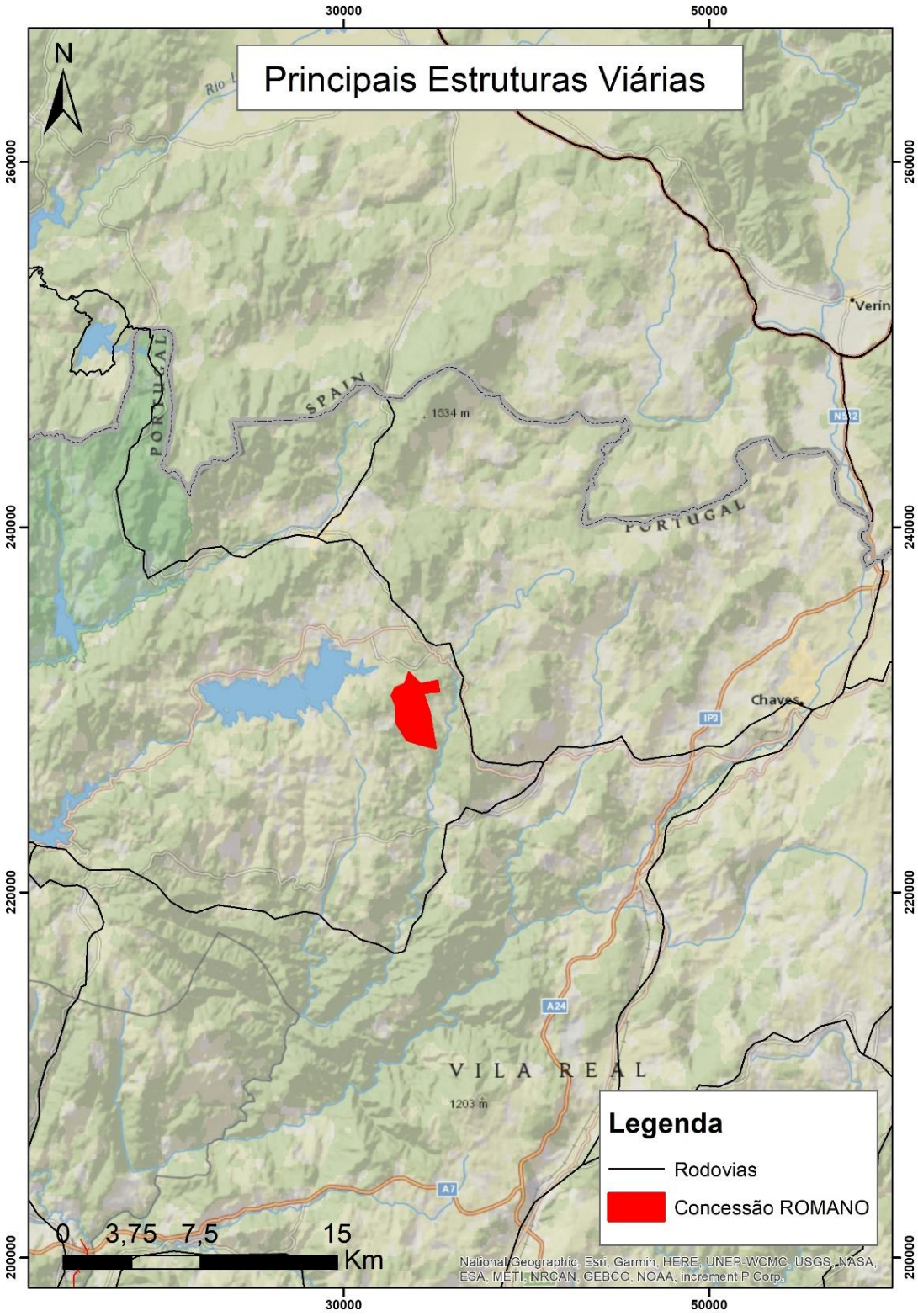


Figura 12 - Mapa com maior detalhe circundante ao concelho de Montalegre

3. Dados da Empresa

A sociedade Lusorecursos S.A., com sede na Calçada de Real, N.º 22, código postal 4700-290 Real, concelho de Braga, distrito de Braga, dedica-se a atividades de prospeção e exploração de recursos geológicos, designadamente minérios, minerais industriais e recursos geotérmicos, atividades termais atividades de investigação e desenvolvimento no domínio da prospeção e exploração de recursos geológicos, comercio de materiais geológicos.

Esta sociedade outorgou em 07 de Dezembro de 2012 com o Estado Português um contrato de prospeção e pesquisa da área de "Sepeda", para os minérios de volfrâmio, estanho e lítio, com o número de cadastro MN/PP/046/12, localizado nas freguesias de Morgade e Sarraquinhos, concelho de Montalegre, distrito de Vila Real (extrato nº566/2013, publicado a págs. 27967 e ss. do Diário da República, 2ª série – N.º172, de 6 de setembro de 2013).

Na sequência do mencionado contrato de prospeção e pesquisa de depósitos minerais a Lusorecursos, S.A. apresentou em 14 de Novembro de 2017 pedido para atribuição da concessão de exploração da referida área, tendo então sido expressamente declarada a intenção de criar uma nova sociedade para a futura exploração de "Sepeda", conforme prevê a legislação mineira (concretamente o artigo 16º do D.L. nº 88/90, de 16/03). A constituição de uma sociedade, propositadamente dedicada à exploração da concessão, visa permitir uma gestão única e exclusiva do negócio em questão.

Neste sentido, foi constituída em 28 de Fevereiro de 2019 a sociedade Lusorecursos *Portugal Lithium*, S.A., com sede na Rua Direita, N.º30, código-postal 5470-251 Montalegre, distrito de Vila Real, tendo por objeto social o desenvolvimento de atividades de exploração de depósitos minerais; atividades de extração, beneficiação e concentração de minérios; fabricação de produtos químicos; atividades de prospeção e exploração de recursos geológicos, designadamente minérios, minerais industriais e recursos geotérmicos; atividades de investigação e desenvolvimento no domínio da prospeção e exploração de recursos geológicos; comércio de materiais geológicos.

Em 28 de março de 2019 a Lusorecursos *Portugal Lithium*, S.A., celebrou com o Estado Português o contrato de concessão de exploração de depósitos minerais de lítio e minerais associados, a que corresponde o N.º de cadastro C-152 e a denominação de "Romano", localizado nas freguesias de Morgade e Sarraquinhos, concelho de Montalegre, distrito de Vila Real, a que corresponde uma área de 825,4 hectares.

Esta sociedade tem a sua sede no concelho de Montalegre, quer porque é lá que se localiza o seu ativo, sendo por isso, justíssimo que se valorize este facto, quer porque se pretende contribuir para o desenvolvimento desta região do país.

A Lusorecursos *Portugal Lithium*, S.A. pretende criar uma nova Exploração Mineira designada Mina do "Romano", que tem como principal objetivo a extração de lítio de elevada pureza, para produção de hidróxido de lítio a utilizar na produção de baterias de alta qualidade e outros sistemas de armazenamento de energia. Equaciona-se ainda o fornecimento de matéria-prima para outras áreas, como a indústria cerâmica e vidreira, fabricação de lubrificantes, produção farmacêutica, ar condicionado, entre outras.

Um dos principais objetivos da Lusorecursos *Portugal Lithium*, S.A. é criar riqueza e valor em Portugal através da implementação e desenvolvimento de um processo industrial verticalizado, que se inicia com a atividade mineira, passa pela produção de concentrado de lítio e termina com a instalação de uma refinaria de produção de hidróxido de lítio, assim se obtendo um produto de valor acrescentado, altamente requisitado a nível mundial e com crescente procura para as próximas décadas.

O contrato de concessão outorgado com o Estado Português permite o desenvolvimento de toda esta cadeia de valor, pelo que o projeto a implementar não se esgota na atividade mineira, constituindo-se esta como a primeira etapa de um ambicioso plano de desenvolvimento industrial, que privilegiará a sustentabilidade ambiental, reforçará a coesão territorial, desenvolverá o conhecimento científico e produzirá riqueza.

Este é um projeto de interesse nacional e mundial, que promoverá a região do Norte de Portugal, bem como o país, colocando Portugal nos primeiros lugares do *ranking* mundial das reservas e produção de lítio e na vanguarda da Europa.

4. Objetivo

A Mina do "Romano" vem despertar para uma nova era na valorização dos recursos naturais em Portugal. É verdade que, nos últimos anos, a prospeção e pesquisa em Portugal tem sido sujeita a interesses económicos mundiais, com base na especulação financeira. Certo é que a avaliação das empresas verdadeiramente mineiras ou empresas que utilizam os recursos minerais numa lógica de alavancagem financeira, não é, de todo, fácil de identificar. A maior parte das empresas mineiras, de nível mundial, sendo este um negócio de grande risco e de grande volume de investimento, estão inscritas nas bolsas de valores mobiliários, em particular Canadá, Alemanha e Austrália.

Nos últimos anos, devido a uma procura crescente de novos materiais, estão a surgir *startups* mineiras, em particular de lítio, em detrimento das grandes empresas. Estas *startups* iniciam e estão associadas a projetos individuais de exploração. O sistema financeiro mundial tem-se vindo a adaptar a esta nova forma de estar no setor, nomeadamente a criação de fundos específicos para as *startups* de lítio, como é o caso da *BlackRock World Mining Trust*.

Portugal tem um potencial económico dos recursos naturais exploráveis. A Mina do "Romano" vem demonstrar que a investigação deste território por académicos, o LNEG e agora a Lusorecursos, como empresa prospetora, revela um grande valor económico.

Este é um projeto de interesse nacional e mundial, que promoverá a região transfronteiriça do Norte de Portugal e a Galiza, bem como o país, colocando na *ranking* mundial das reservas e produção de lítio.

É, assim, necessário que todas as instituições públicas e privadas, da administração local ou central, direta e indiretamente ligadas ao projeto, continuem a apoiar o desenvolvimento sustentável, através da promoção deste projeto direcionado para a indústria e assim alavancar o valor acrescentado dos recursos naturais.

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DO DEPÓSITO MINERAL

ENTIDADE PROMOTORA: LUSORECURSOS PORTUGAL LITHIUM, S.A.
PARCEIRO TECNOLÓGICO: DATAMINE

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

II. CARACTERIZAÇÃO DO DEPÓSITO MINERAL 48
1. Descrição geomorfológica 48
1.1. Localização geográfica 48
1.2. Enquadramento geomorfológico 50
2. Enquadramento geológico 53
2.1. Caracterização litológica e estrutural 58
2.1.1. Geologia local 58
2.2. Caracterização estéril 62
2.2.1 Trabalhos de campo 63
2.2.2 Resultados analíticos 64
3. Jazigo aplito-pegmatítico "Romano" 71
4. Passivo ambiental da Concessão da Mina do "Romano" 87
4.1. Histórico Mineiro 87
4.2. Passivo ambiental 99
5. Prospeção e pesquisa 105
6. Cálculo de reservas 106
6.1. Descrição corpo geológico 109
6.2. Litologia e Assay (amostras e resultados geoquímicos) 110
6.3. Conjunto de dados validados 111
6.4. Modelação geológica 115
6.4.1. Análise dos dados de modelação 116
6.4.2. Descrição e metodologia dos teores 117
6.4.3. Variogramas de análise 122
6.5. Estimativa de teores 127
6.5.1. Validação das estimativas 129
6.6. Cálculo de reservas 132
Referências Bibliográficas 145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 13 - Mapa de localização do concelho de Montalegre no Centro-Norte de Portugal Continental; Sistema de Referência ETRS89 – Portugal TM06 48
Figura 14 - Mapa de localização da área de concessão "Romano" e respetivos blocos A e B no contexto do município de Montalegre; Sistema de Referência ETRS89 – Portugal TM06 49
Figura 15 - Mapa altimétrico do concelho de Montalegre; Sistema de Referência ETRS89 – Portugal TM06 51
Figura 16 - Mapa topográfico do bloco A da concessão; Sistema de Referência ETRS89 – Portugal TM06 52
Figura 17 - Mapa geológico mostrando o zonamento do Maciço Ibérico do Orógeno Varisco . 53
Figura 18 - Mapa geológico com limite do concelho de Montalegre mostrando a localização dos blocos A e B 55
Figura 19 - Enquadramento regional da área em estudo e principais unidades litológicas na região de Montalegre. (a) Domínios tectónicos no norte de Portugal. (b) Numeração das cartas geológicas na escala 1:50 000. (c) Extrato da Folha n.º 2 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000. O retângulo vermelho em (b) e (c) indica a área de estudo da dissertação do autor. Adaptação feita por Dipe Martins (2020) 57
Figura 20 - (a) Localização da região estudada no contexto das zonas de cisalhamento do norte de Portugal. ZCDB: Zona de Cisalhamento de Douro Beira; ZCML: Zona de Cisalhamento Malpica-Lamego. (b) Mapa estrutural de síntese da área estudada. O retângulo vermelho em (a) indica a área de estudo da dissertação de Dipe Martins (2020), que se insere na bloco A da concessão do "Romano" 59
Figura 21 - (a) Afloramento de micaxisto/filito pelítico (b) Micaxisto/filito pelítico, com porfiroblastos de andaluzite de grandes dimensões contendo inclusões de granada 61
Figura 22 - Metassedimento com andaluzite e granada (Esquerda); em pormenor (Direita) 61
Figura 23 - Na foto da esquerda, encontra-se um pegmatito com granulometria grosseira. Observam-se os seguintes minerais macroscopicamente: quartzo, feldspato e moscovite. Na foto da direita encontra-se um aplito-pegmatito. 62
Figura 24 - Mapa de pontos de informação cartográfica-geológica numa área de interesse delineada a vermelho 64
Figura 25 - Mapa de pontos de informação cartográfica-geológica numa área de interesse delineada a vermelho 68
Figura 26 - Mapa geológico simplificado da área de concessão inicial 2012 mostrando a localização dos blocos A e B 73
Figura 27 - Mapa geológico do bloco A da concessão "Romano" 74
Figura 28 - Contraste litológico entre as rochas LCT de cor clara e os micaxistos encaixantes mais escuros; coordenadas ETRS89 – PTTM06 (Afl. MIP13; x= 33000; y= 231067) 75
Figura 29 - Exemplo de testemunhos provenientes dos setores aplito-pegmatíticos fortemente mineralizados em petalite (sondagens LRS02; LRS03 e; LRS05) 76
Figura 30 - Textura típica das secções maioritariamente ocupadas por petalite (Pet) 77
Figura 31 - Mesmo aspeto da figura anterior 77
Figura 32 - Agregado de cristais de petalite mais grosseiros 77
Figura 33 - Mesmo aspeto da figura anterior 77
Figura 34 - Cristal de cassiterite (Cst) isolado matriz quartzo-feldspática (Qz-Plg-Kfs) 78
Figura 35 - Grão de montebrasite igualmente disperso na matriz leucocrática (Qz-Plg) 78
Figura 36 - Fotografias de parte das amostras analisadas nos Centros de Pesquisa Privados: à esquerda a rocha fresca e à direita a rocha oxidada/alterada 82

Figura 37 - Diagramas bivariados Li2O, Cs, Ta e Sn vs. SiO2 para 2614 amostras de aplito-pegmatitos LCT da concessão “Romano” 85
Figura 38 - Padrões de ETR obtidos em 40 amostras da sondagem (DD) LSR05 86
Figura 39 - Mapa das frentes de escavação de trabalhos mineiros antigos e outros testemunhos representativos 88
Figura 40 - Memória descritiva de 1942 com referência às 31 concessões mineiras junto à freguesia de Morgade 89
Figura 41 - Referência às concessões mineiras junto à freguesia de Morgade 89
Figura 42 - Antiga escombreira presente na concessão 91
Figura 43 - Antiga escombreira presente de estéril na concessão 92
Figura 44 - Delimitação escombreira A 92
Figura 45 - Delimitação escombreira B 93
Figura 46 - Delimitação escombreira C 93
Figura 47 - Exemplos dos documentos consultados no Arquivo Distrital da DGEG 95
Figura 48 - Entrada de galeria antiga situada na concessão “Romano” 96
Figura 49 - Entrada de chaminé/poço antiga/o situada na concessão “Romano” 97
Figura 50 - Entrada de chaminé/poço antiga/o situada na concessão “Romano” 97
Figura 51 - Mapa de antigas galerias e acessos na concessão "Romano". Sistema de coordenadas: PT-TM06-ETRS89 98
Figura 52 - Preenchimento digital da cavidade para cálculo de volumetria da depressão topográfica 100
Figura 53 - Vista inclinada da frente de escavação direcionada a Norte da cavidade 1 101
Figura 54 - Vista de cima, direcionada a Norte da depressão topográfica da cavidade 1 101
Figura 55 - Representação gráfica da estimativa das dimensões ao longo da secção longitudinal da frente de escavação 102
Figura 56 - Área da superfície da frente de escavação 103
Figura 57 - Preenchimento digital da cavidade para cálculo de volumetria da depressão topográfica 103
Figura 58 - Mapa da área do jazigo do “Romano” e localização das sondagens 114
Figura 59 - Secção geológica da Lusorecursos de 2017, nível 900 m 114
Figura 60 - Sólidos 3D do modelo geológico (cut-off de 0,3 Li_2O) 116
Figura 61 - Distribuição das amostras dentro do wireframe do jazigo mineral 117
Figura 62 - Histogramas do comprimento das amostras para a zona 1 e zona 2 118
Figura 63 - Média dos teores em Li2O para diferentes tamanhos de células 119
Figura 64 - Gráfico de probabilidade de teores de Li2O 120
Figura 65 - Gráfico de probabilidade de teores de Sn (estanho) 120
Figura 66 - Gráfico de probabilidade de teores de Fe_2O_3 121
Figura 67 - Gráfico de probabilidade de teores de Fe_2O_3 122
Figura 68 - Desvio padrão vs. teor médio por zona para Li_2O 123
Figura 69 - Desvio padrão vs. teor médio por zona para Sn 124
Figura 70 - Desvio padrão vs. teor médio por zona para Fe_2O_3 124
Figura 71 - Variograma down the hole experimental para teores de Li_2O 125
Figura 72 - Gráficos de modelos de variograma para teores de Li_2O 126
Figura 73 - Exemplo de gráfico de modelos de variograma 128
Figura 74 - Gráfico de dispersão e gráfico de probabilidades (QQ) para Li2O. NN (Nearest Neighbour) vs.OK (Ordinary kriging) 130
Figura 75 - Gráficos de faixa para as direções X, Y e Z 132
Figura 76 - Distribuição teores-tonelagem do modelo geológico 133

Figura 77 - Modelo de blocos de minério colorido por teores de Li_2O 134
Figura 78 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 900m 134
Figura 79 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 875m 135
Figura 80 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 850m 135
Figura 81 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 825m 136
Figura 82 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 800m 136
Figura 83 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O..... 137
Figura 84 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O..... 138
Figura 85 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O..... 139
Figura 86 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O..... 140
Figura 87 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O..... 141
Figura 88 - Mapa geológico do bloco A da concessão “Romano”, onde se assinalam as duas principais áreas a explorar e as respetivas estimativas de recursos de lítio..... 143

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3 - Análises químicas multi-elementares de metassedimentos da concessão “Romano”. 67
Quadro 4 - Análises químicas de rocha-total, na zona da concessão e envolvente, adaptada de Ramos,2012. De SiO_2 até P_2O_5, são considerados em percentagem de óxidos os elementos. A partir do As até Zr, os valores são apresentados em ppm 70
Quadro 5 - Média dos resultados analíticos EPMA - “Electron Probe MicroAnalysis” das principais fases minerais presentes no jazigo “Romano” (vol. %) 79
Quadro 6 - Análises químicas em dois (2) Centros de Pesquisa Privados do recurso a explorar (aplito-pegmatito LCT) 81
Quadro 7 - Quadro síntese das concessões existentes na área referida como “Couto Mineiro do Bessa” 90
Quadro 8 - Estimativa das volumetrias das escombreiras passadas resultantes dos trabalhos de exploração do antigo Couto Mineiro do Bessa 94
Quadro 9 - Estimativa das volumetrias das cavidades de exploração resultantes dos trabalhos de exploração do antigo Couto Mineiro do Bessa 103
Quadro 10 - Avaliação de recursos da concessão “SEPEDA” 106
Quadro 11 - Listagem de furos de sondagens para a modelação geológica em 3D para modelação do corpo principal denominado de “Romano” 112
Quadro 12 - Parâmetros para a escolha do tamanho e número de células a utilizar no modelo geológico 118
Quadro 13 - Parâmetros de declustering 119
Quadro 14 - Top cut aplicado após a realização de uma análise de outlier 121
Quadro 15 - Direções anisotrópicas 122
Quadro 16 - Parâmetros do modelo de variograma para Li_2O, Sn e Fe_2O_3 126
Quadro 17 - Parâmetros modelo geológico de blocos 127
Quadro 18 - Expansão de volumes consideradas ao estimar teores 128
Quadro 19 - Número de amostras a considerar para estimar teores 129
Quadro 20 - Influência espacial de outliers 129
Quadro 21 - Diferença entre teores médios de NN (Nearest Neighbour), Declustering e OK (Ordinary kriging) 130
Quadro 22 - Recursos minerais estimados, classificados como reservas prováveis para o depósito “Romano” 133
Quadro 23 - Localização e tipologia, tonelagem e teores dos recursos litiníferos e outros da concessão “Romano” 142

(Página intencionalmente deixada em branco)

II. CARACTERIZAÇÃO DO DEPÓSITO MINERAL

1. Descrição geomorfológica

1.1. Localização geográfica

A área de concessão "Romano" localiza-se nos limites do concelho de Montalegre (Trás-os-Montes ocidental; Figs. 13 e 14) compreendendo a Folha 6-B de Chaves da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000 (Teixeira *et al.*, 1969), Folha 2 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000 (Pereira *et al.*, 2006) e as folhas topográficas da Carta Militar de Portugal Continental M888 à escala 1:25 000, n.º 33 – Sarraquinhos (Montalegre) e n.º 46 – Boticas (CIGeoE - Centro de Informação Geoespacial do Exército).

Do ponto de vista socioeconómico, a área de interesse insere-se na denominada região do Barroso, correspondente aos territórios circunscritos pelos municípios de Montalegre e Boticas.

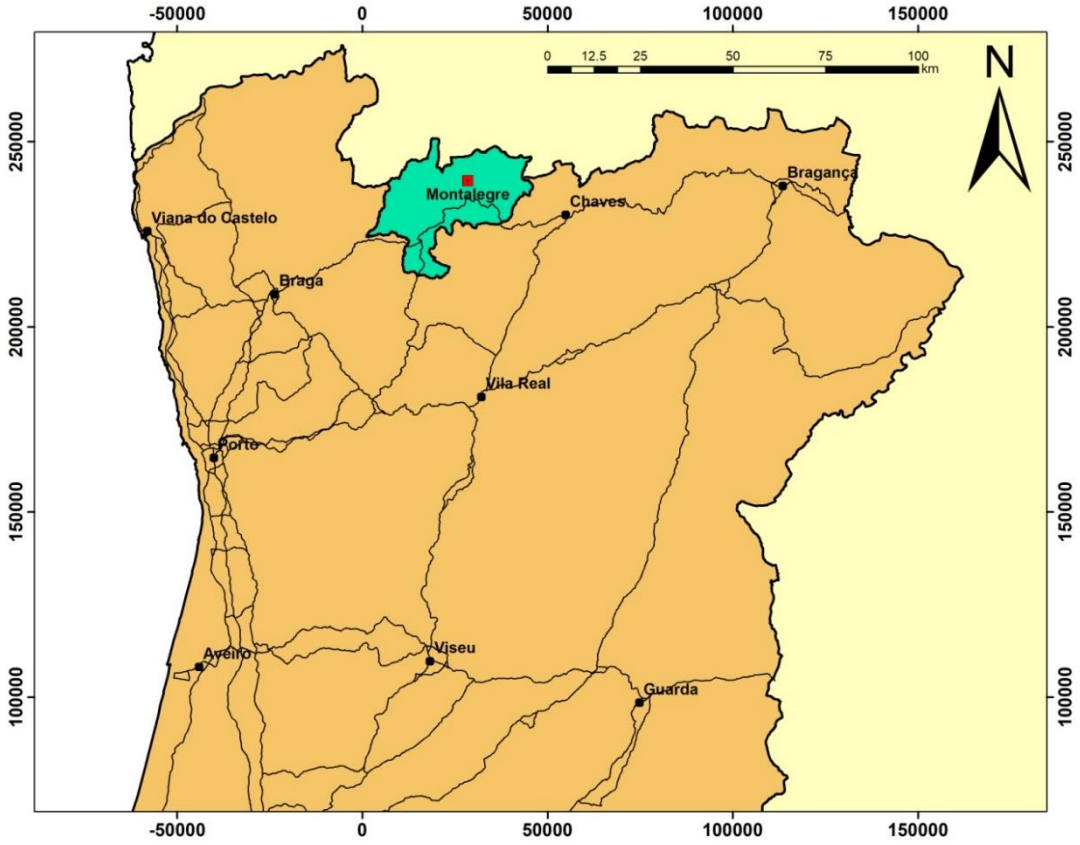


Figura 13 - Mapa de localização do concelho de Montalegre no Centro-Norte de Portugal Continental; Sistema de Referência ETRS89 – Portugal TM06

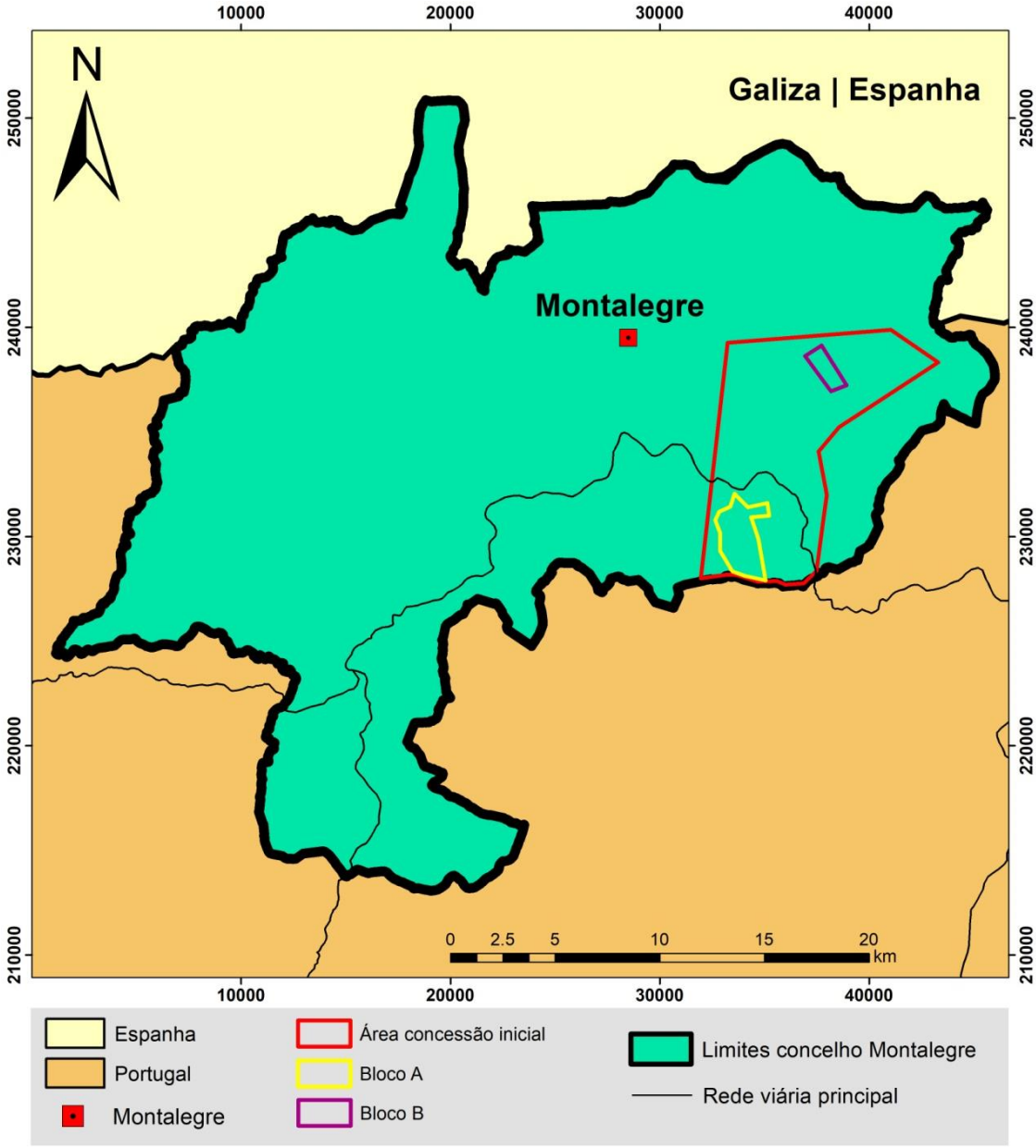


Figura 14 - Mapa de localização da área de concessão "Romano" e respetivos blocos A e B no contexto do município de Montalegre; Sistema de Referência ETRS89 – Portugal TM06

1.2. Enquadramento geomorfológico

A região natural do Barroso é essencialmente uma zona de montanha de elevada altitude. Limitada a oeste pela serra do Gerês, com 1 434 m de altitude máxima, sendo esta uma das três mais altas de Portugal, estendendo-se por 30 km desde Espanha até ao Cávado e à província do Minho; a nordeste pela serra do Larouco, com 1 525 m de altitude, com cerca de 10 km de extensão, marcada pelos miradouros com vistas panorâmicas sobre Portugal e Espanha; a sudoeste a serra da Cabreira, que atinge os 1 262 m e é uma das serras mais extensas do norte de Portugal; a sul pela serra das Alturas, também conhecida por serra do Barroso, com 1 279 m de altitude e uma extensão de 8 km; por fim, a menor das cinco principais serras da região Barrosã, a serra do Leiranco, com uma altitude de 1 156 m, que divide as bacias hidrográficas dos rios Beça e Terva.

O Barroso é uma região abundante em nascentes de água, dividindo-se pelas duas bacias hidrográficas do Cávado e do Tâmega. O rio Cávado nasce na serra do Larouco, passa na Vila de Montalegre, atravessa o distrito de Braga em direção ao oceano Atlântico até Esposende, percorrendo uma extensão de 118 km. Ao rio Cávado acrescentam-se o rio Rabagão, o segundo rio do Barroso, o rio Beça e o rio Terva. Os principais rios presentes no território marcam de forma incontestável a orografia do alto e baixo Barroso, criando vales com uma orientação Sudoeste-Nordeste. A partir destes, desenvolvem-se sistemas montanhosos aproximadamente com a mesma orientação, com maior relevância na parte Norte e central da região do Barroso. Os dados altimétricos do concelho de Montalegre da Figura 15, foram obtidos com recurso a imagens *NASA SRTM* (*Shuttle Radar Topography Mission 1 arc second* via *EarthExplorer* do *USGS – United States Geological Survey*, 2014) com geração de curvas de nível com equidistâncias de 10 m.

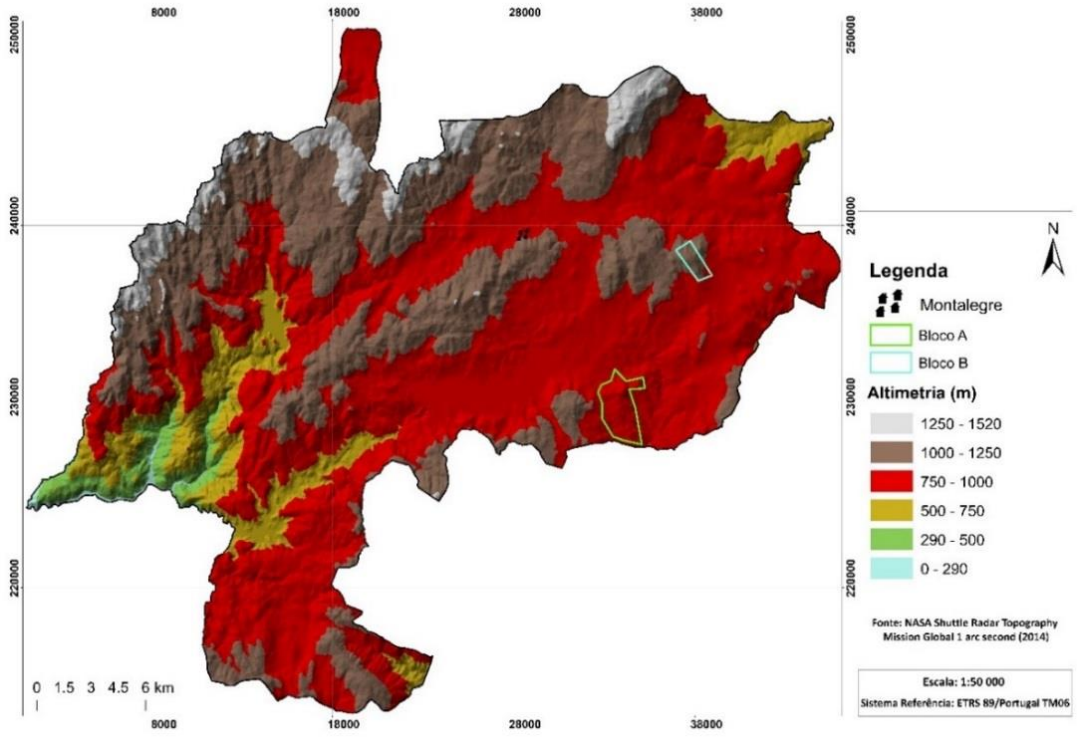


Figura 15 - Mapa altimétrico do concelho de Montalegre; Sistema de Referência ETRS89 – Portugal TM06

No concelho de Montalegre, o intervalo de altitudes é extremamente alargado variando entre os 200 m ao nível do rio Cávado (em Cabril, no extremo ocidental da região sendo já integrante do Parque Nacional da Peneda-Gerês) e os 1 500 m do pico mais elevado da Serra do Gerês. Mais a leste, a sede do município na Vila de Montalegre, encontra-se a uma cota de aproximadamente 1 000 m. Como é percetível no mapa da Figura 15, por um lado, o setor do Gerês-Larouco é o que apresenta as maiores e menores altitudes considerando respetivamente os picos das serras homónimas e o vale escavado pelo rio Cávado. Por outro lado, o resto do concelho regista cotas mais homogéneas em torno dos 1 000 - 1 100 m de altitude, o que é também em parte imputável às relevantes albufeiras na região.

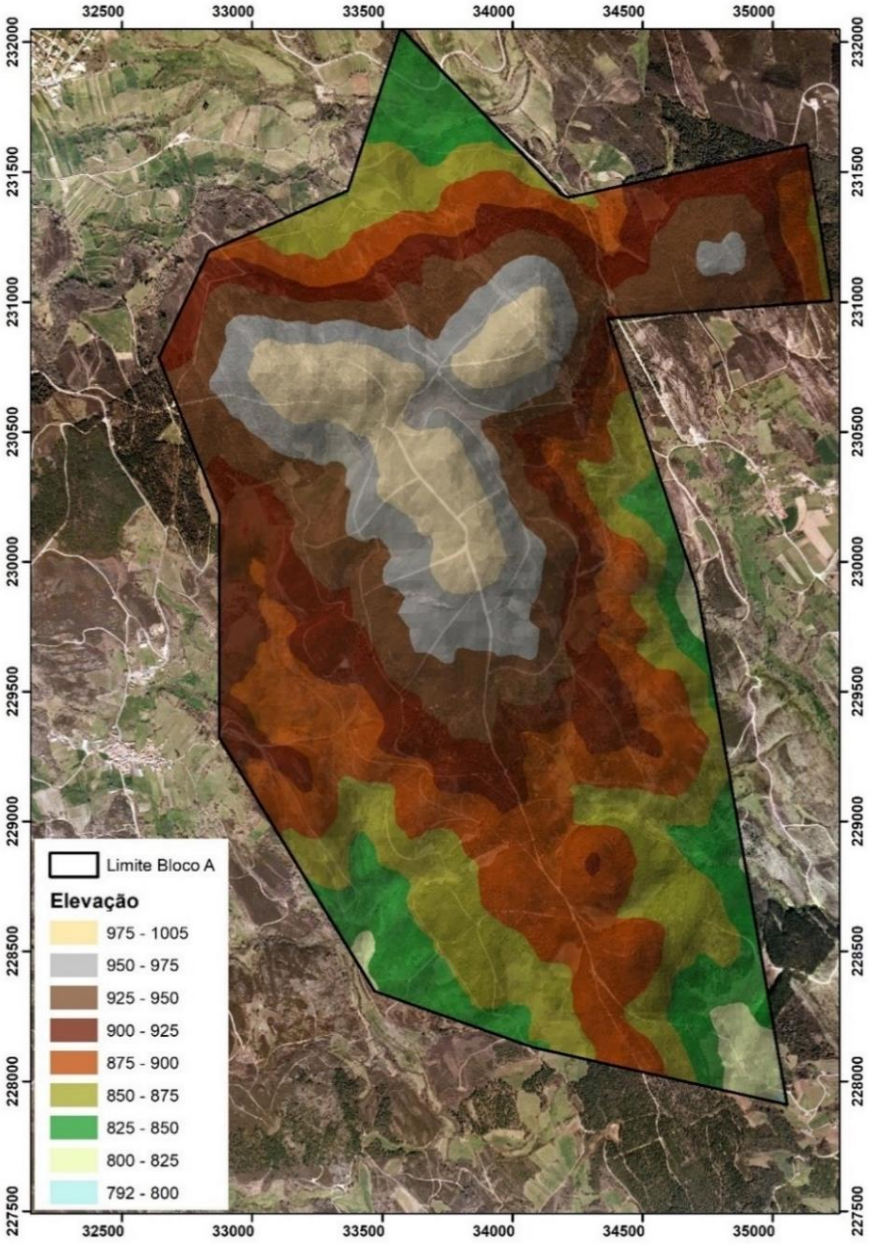


Figura 16 - Mapa topográfico do bloco A da concessão; Sistema de Referência ETRS89 – Portugal TM06

Acrescenta-se ainda que as áreas correspondentes aos blocos A e B da concessão "Romano" registam valores de altimetria que oscilam entre os 750 e os 1 250 m. No mapa da Figura 16, respeitante ao bloco A, onde incidirão os trabalhos extrativos, o intervalo de cotas situa-se entre os 792 e os 1 005 m. No setor Centro-Norte da área respeitante ao Bloco A encontram-se as zonas mais altas assinaladas no mapa da Figura 16, a castanho, cinzento e bege (900 - 1 005 m).

2. Enquadramento geológico

Apesar do Estudo de Impacte Ambiental incidir sobre o bloco A da concessão, será enquadrado geologicamente a concessão do "Romano", que contém os dois blocos. Em termos geológicos, a região alvo de exploração mineira ("exploitation") localiza-se na Zona da Galiza Trás-os-Montes (ZGTM) do orógeno Varisco Ibérico (Arenas, 1986; Farias *et al.*, 1987; Ribeiro *et al.*, 1990), mais precisamente no seu bordo meridional, próximo do limite com a Zona Centro-Ibérica (ZCI), verificado pela Figura 17. A ZGTM é cavalgante sobre os terrenos autóctones da ZCI, com os quais contacta a NE, a S e a W, e caracteriza-se pela sobreposição de unidades estruturais com carácter alóctone e/ou parautóctone (mantos ou escamas), separadas por planos de carreamento (Ribeiro *et al*., 1990; Rodrigues, 2008).

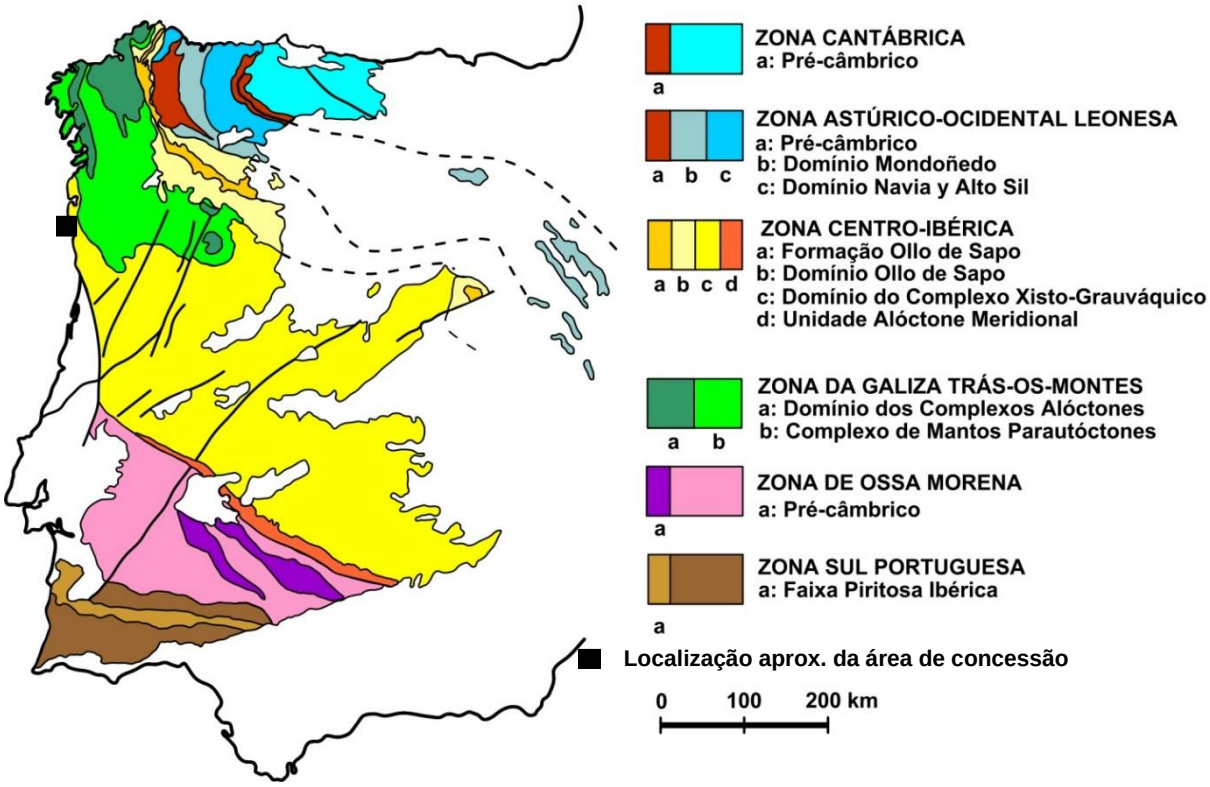


Figura 17 - Mapa geológico mostrando o zonamento do Maciço Ibérico do Orógeno Varisco
Fonte: Extraído e modificado de Pérez-Estaún et al. (2004)

Com base em critérios estratigráficos, estruturais e metamórficos, é possível distinguir na ZGTM dois grandes domínios:

1 – Domínio xistoso da ZGTM (parautóctone);

2 – Domínio dos complexos alóctones.

As litologias parautóctones que se encontram na base dos conjuntos carreados são agrupadas num importante conjunto denominando de Complexo de Mantos Parautóctones (CMP) (Ribeiro *et al.*, 1990; Rodrigues, 2008; Rodrigues *et al.,* 2013), que corresponde ao Domínio xistoso da ZGTM. Na ZGTM afloram rochas com idades compreendidas entre o Neoproterozóico e o Devónico.

O CMP corresponde à unidade estrutural que regista o menor grau de aloctonia e encontra-se tectono-estratigraficamente subdividido em dois importantes domínios (Rodrigues *et al.*, 2013):

1 – Domínio Parautóctone Superior - DPS;

2 – Domínio Parautóctone Inferior - DPI.

Os blocos concessionados A e B (Figs. 18 e 19) estão compreendidos num setor onde afloram sequências metassedimentares do Paleozoico Superior (Silúrico), intruídas por rochas graníticas de duas micas *sin*-tectónicos (*e.g.* granitos de Chaves e de Montalegre).

No mapa da Figura 18, é possível observar três diferentes fácies tipicamente graníticas na região de Montalegre: (1) granitos de duas micas (2) granitos biotíticos com plagioclase cálcica *sin*-orogénicos; (3) granitos biotíticos *tardi* a pós-orogénicos. Adicionalmente, nas zonas Centro-Norte e Centro-Sul, destaca-se a ocorrência de intercalações de granitos e rochas gnaisso-migmatíticas. Quanto às sequências de derivação sedimentar, estas registam idades do Paleozoico Inferior a Médio (Silúrico-Devónico) que se caracterizam por duas unidades principais: (1) Filitos e metaquartzo-grauvaques (2) Quartzitos xistoides e quartzo-filitos (Laboratório Nacional de Energia e Geologia – LNEG, 2010; Ribeiro e Bentos dos Santos, 2010).

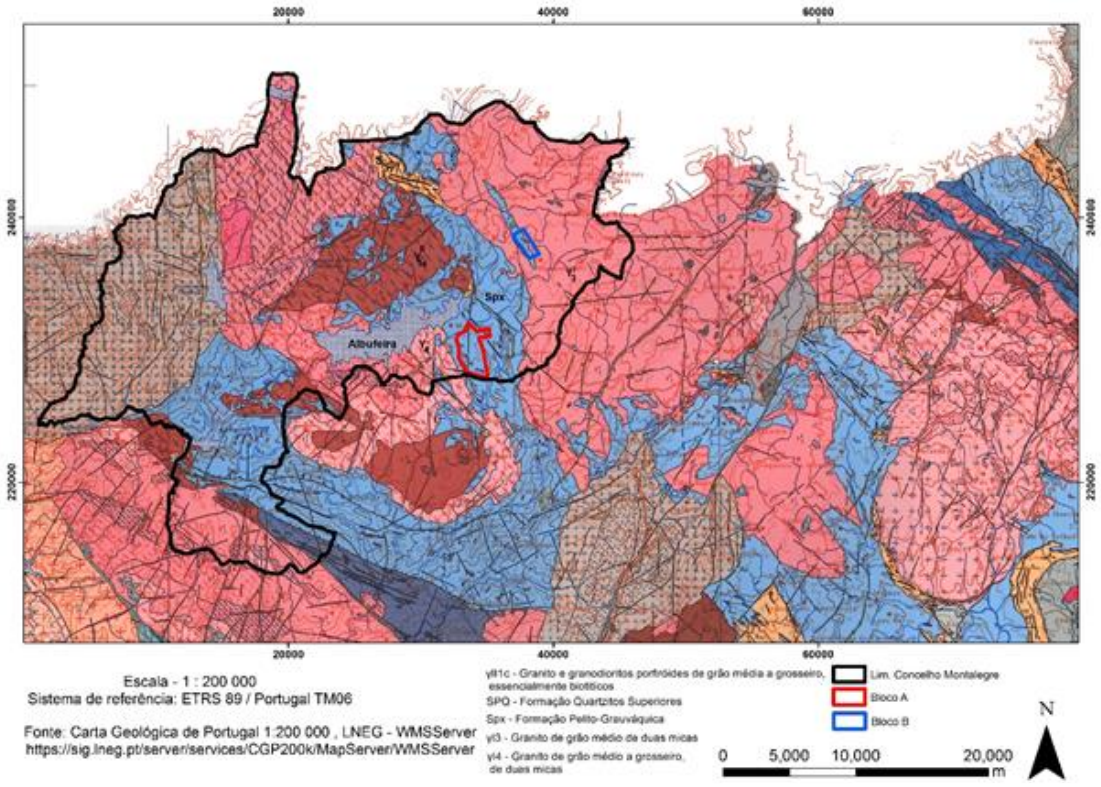


Figura 18 - Mapa geológico com limite do concelho de Montalegre mostrando a localização dos blocos A e B
Fonte: (extraído e modificado da Carta Geológica de Portugal, 1:200 000, LNEG (https://geoportal.lneg.pt/mapa/?URL=https://sig.lneg.pt/server/services/CGP200k/MapServer/WMSServer)

Na Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000 (Folha 2; Pereira et al., 2006), as rochas metassedimentares aflorantes dentro dos limites da concessão (blocos A e B) são pertencentes a duas sequências distintas do Domínio Superior do CMP: (a) Formação Pelito-Grauváquica (SPX) constituída por micaxistos com intercalações de quartzo-filitos, xistos negros, liditos e rochas calcossilicatadas. O bloco A da concessão "Romano" insere-se na região ocupada por litologias xistentas da Formação pelítico-grauváquica (SPX), enquanto o bloco B da concessão do "Romano" insere-se na região ocupada pelo Formação de Quartzitos Superiores (SPQ), constituída por quartzo-filitos, micaxistos, xistos negros e quartzitos.

Na cartografia geológica à escala 1:50 000 (6-B Chaves; Teixeira, 1969), que serviu de base aos trabalhos de campo, os litótipos inseridos no bloco A foram designados por xistos metamórficos e grafitosos ao passo que a sequência predominante do bloco B era referente a xistos predominantemente andaluzíticos com algumas intercalações de filões de quartzo, como comprovado pela Figura 19.

Na área onde incidiram os principais trabalhos de campo as litologias metassedimentares pertencem à Formação Pelito-Grauváquica, definida por Ribeiro (1974), cuja sigla é SPX na cartografia 1:200 000, incluindo, segundo as respetivas legenda e notícia explicativa (Pereira *et al.*, 2006), micaxistos com intercalações de quartzo-filitos, metagrauvaques e metapsamitos (Figura 19).

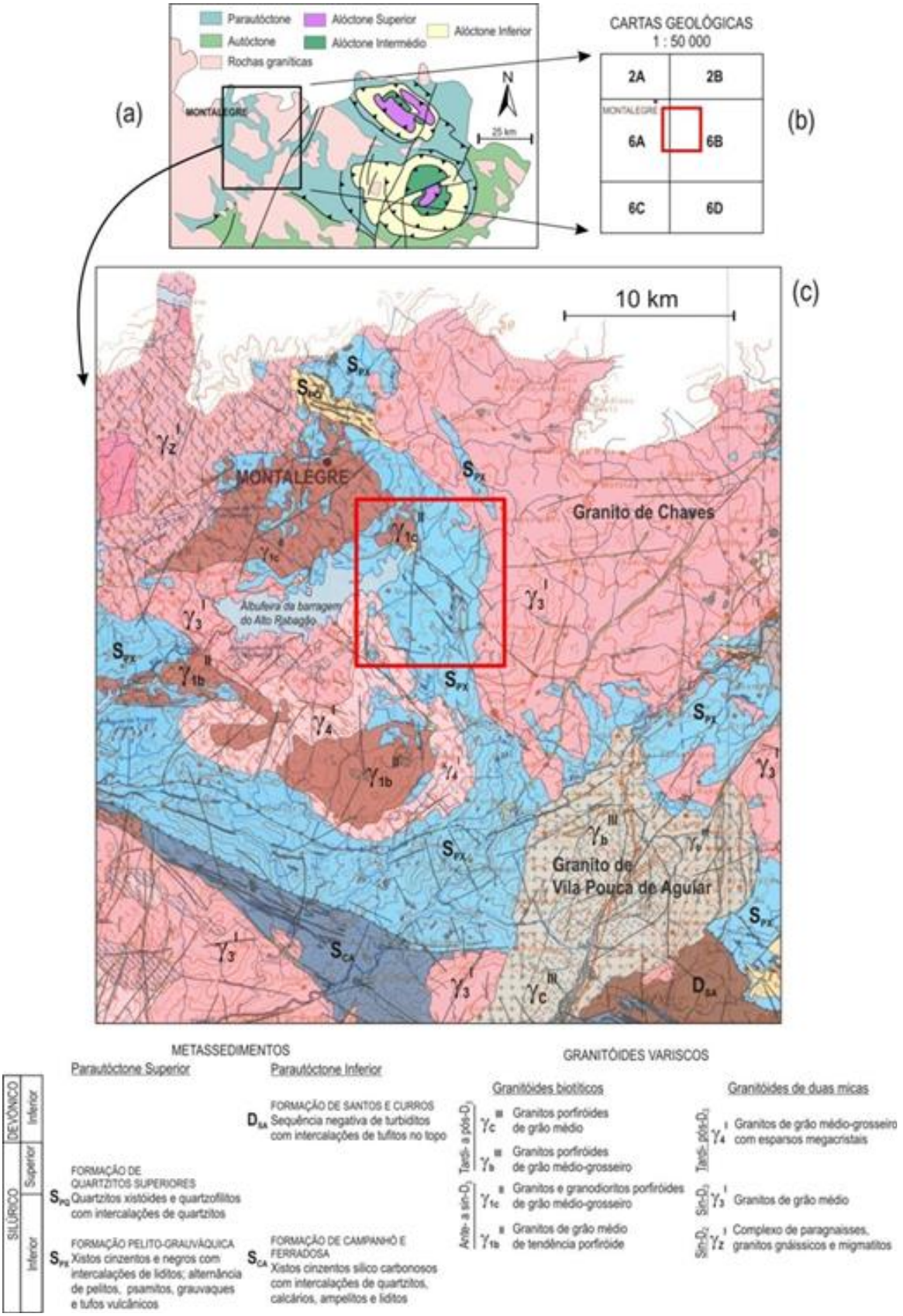


Figura 19 - Enquadramento regional da área em estudo e principais unidades litológicas na região de Montalegre. (a) Domínios tectónicos no norte de Portugal. (b) Numeração das cartas geológicas na escala 1:50 000. (c) Extrato da Folha n.º 2 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000. O retângulo vermelho em (b) e (c) indica a área de estudo da dissertação do autor. Adaptação feita por Dipe Martins (2020).

2.1. Caracterização litológica e estrutural

Na ZGTM há evidências da ocorrência de três distintas fases de deformação dúctil – D1, D2 e D3 - durante a colisão varisca que originaram as respetivas foliações S1, S2 e S3 (Ribeiro *et al.*, 2006). Contudo, essas fases de deformação manifestam-se de formas distintas nas diferentes unidades que se podem definir nesta zona geotectónica, sendo que, no caso do CMP, há que considerar que ele se subdivide em dois domínios (DPS e DPI).

Na fase D3, a fase com maior destaque na área de concessão, de forma geral, o regime de cisalhamentos altera-se, passando de cisalhamentos tangenciais para cisalhamentos transcorrentes sub-verticais. Estas zonas de cisalhamento dúcteis têm predominantemente direção NW-SE, e indicam movimentação dextrógira. Concomitantemente desenvolveram-se cisalhamentos conjugados, sinistrógiros, segundo a direção ENE-WSW. A movimentação causada pelos cisalhamentos induziu a formação de dobras com planos axiais sub-verticais e charneiras sub-horizontais, sendo a xistosidade S3 sub-paralela aos planos axiais.

2.1.1. Geologia local

Observações de campo sugerem que, estruturalmente, micaxistos ricos em andaluzite, quartzo-filitos e quartzitos, constituem as litologias encaixantes dos diques ou filões aplito-pegmatíticos e apresentam-se quase sempre muito deformados registando os fortes efeitos da última fase de deformação varisca (D3), que praticamente obliterou os dois anteriores episódios (D1 e D2). Os dados de campo obtidos neste trabalho correspondem a direções entre N140ºE e N160ºE, com inclinações compreendidas no intervalo 70ºSW e 85ºSW, para as foliações S3, junto dos filões aplito-pegmatíticos. Mais a sul, no campo pegmatítico do Barroso-Alvão, de acordo com Noronha & Lima (2006), os filões estão instalados em planos com orientações de N130ºE e N-S a N10ºE, que aqueles autores consideram relacionados com a fase D3.Note-se que, Dipe Martins (2020), refere que a área em estudo é atravessada e influenciada por um corredor milonítico com direção NW-SE, comprovado pelos dados de campo, sendo uma zona de cisalhamento com comportamento dúctil e movimentação direita (Figura 22). Esta estrutura teve uma importante influência na deformação acima mencionada nas rochas pegmatíticas.

Assim sendo, com base na intensidade e características da D3, é possível estabelecer nos metassedimentos dois domínios principais, localizados a sudoeste e nordeste da zona estudada:

- Um domínio milonítico, onde as estruturas D3 (dobras, xistosidade S3, lineação de estiramento) são dominantes e muito penetrativas, obliterando os "fabrics" mais antigos;

- Um domínio setentrional, onde a D3 foi menos intensa e o "fabric" S2 está bem preservado, embora afetado pelas dobras da 3.ª fase.

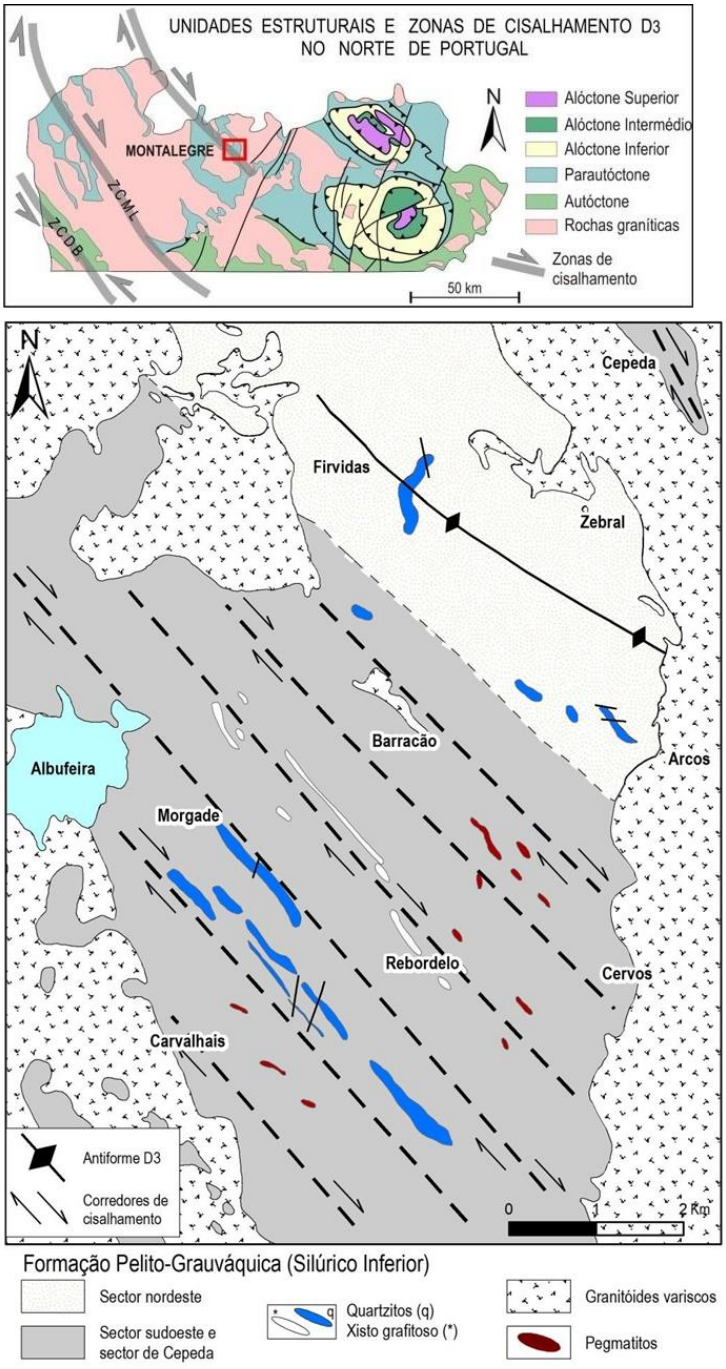


Figura 20 - (a) Localização da região estudada no contexto das zonas de cisalhamento do norte de Portugal. ZCDB: Zona de Cisalhamento de Douro Beira; ZCML: Zona de Cisalhamento Malpica-Lamego. (b) Mapa estrutural de síntese da área estudada. O retângulo vermelho em (a) indica a área de estudo da dissertação de Dipe Martins (2020), que se insere na bloco A da concessão do "Romano"

Os metassedimentos aflorantes na área de estudo integram o grupo de rochas cartografadas de idade silúrica do Complexo de Mantos Parautóctones da ZGTM que se caracterizam por um grau metamórfico baixo a intermédio. No seio dos metassedimentos, conjunto de litologias que predominam na área estudada (filitos/micaxistos, quartzo-filitos, quartzitos e xistos grafitosos), intruem as rochas aplito-pegmatíticas que albergam importantes anomalias minerais que contêm elementos químicos de elevado valor (petalite/lítio, espodumena/lítio, cassiterite/estanho, columbo-tantalite/nióbio-tântalo).

As rochas metassedimentares de afinidades pelítica e grauvacoide ocorrem estreitamente associadas. Em campo, não é muito clara a distinção entre estes termos, mas, de acordo com os estudos petrográficos de detalhe realizados por Dipe Martins (2020), e conforme já era sugerido pelos dados de campo, os metagrauvaques são claramente mais abundantes que os metapelitos.

Os níveis de filitos/micaxistos de derivação grauvacoide distinguem-se dos pelíticos pelas diferentes quantidades de quartzo presente nas bandas geradas através de processos de segregação metamórfica que estão condicionados pela mineralogia dos sedimentos precursores. Importa referir que, no seio destas rochas, também abundam veios de quartzo (maioritariamente hialino), característico da cristalização tardia de líquidos (e fluidos) que acompanham a fraturação tardi-varisca, ou seja, preenchem a generalidade das fraturas.

Os metassedimentos pelíticos e grauváquicos apresentam uma matriz bandada lepidoblástica fina a muito fina de onde se destacam os porfiroblastos dos aluminossilicatos, granada e andaluzite (Figs. seguintes). Estruturalmente, os micaxistos/filitos/quartzo-filitos, que constituem as litologias encaixantes das rochas aplito-pegmatíticas, estão quase sempre muito deformados e evidenciam os efeitos das três fases de deformação variscas (D1, D2 e D3). Como é lógico admitir-se, à escala de afloramento (macroscópica), a D2 e a D3 são as fases mais reconhecíveis (Faria, 2021).

Figura 21 - (a) Afloramento de micaxisto/filito pelítico (b) Micaxisto/filito pelítico, com porfiroblastos de andaluzite de grandes dimensões contendo inclusões de granada

Figura 22 - Metassedimento com andaluzite e granada (Esquerda); em pormenor (Direita)

Macroscopicamente, nas litologias LCT observadas no campo e também em testemunhos de sondagens mecânicas diamantadas, distinguem-se dois grupos texturais e mineralógicos:

(1) Litologias com texturas muito grosseiras, devido à abundância de grãos de dimensões superiores a 1 cm, com cores variando de branco-sujo a bege, de minerais identificados como feldspatos (plagioclases e feldspatos alcalinos) ou petalite, frequentemente acompanhados de finos agregados de quartzo branco, de moscovite e de minerais escuros (presumivelmente cassiterite e/ou outros minerais metálicos). Adicionalmente, ressalta-se a presença de algumas manchas de alteração hidrotermal constituídas por minerais de cor verde, amarela, tons arroxeados, azulados e rosados (Figura 23a);

(2) Litologias com texturas aplíticas, cuja mineralogia primária seria essencialmente quartzo-

feldspática com cassiterite e columbo-tantalite. Atualmente, essas litologias, encontram-se frequentemente caulinizadas - dada a abundância de material de aspeto sacaroidal, muito fino e de fácil desagregação - de onde se destacam essencialmente os feldspatos, argilas neoformadas (e.g. caulinite) e ainda cassiterite e columbo-tantalite. Estas texturas são maioritariamente observáveis nos níveis mais superficiais de certos afloramentos e igualmente nos testemunhos de sondagens (Figura 23b).

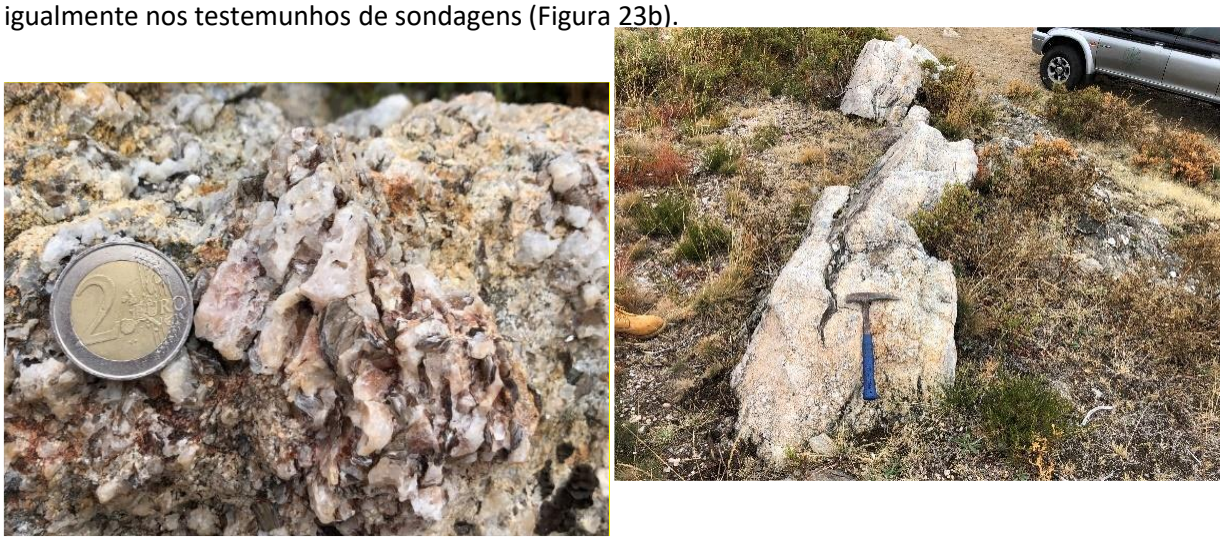


Figura 23 - Na foto da esquerda, encontra-se um pegmatito com granulometria grosseira. Observam-se os seguintes minerais macroscopicamente: quartzo, feldspato e moscovite. Na foto da direita encontra-se um aplito-pegmatito.

2.2. Caracterização estéril

Antes de mais, para efeitos do presente convirá definir "estéril".

Assim, uma rocha considerada estéril, em termos genéricos, será a porção do jazigo mineral que não apresenta minério ou em que, contendo algum, o teor de minerais e/ou elementos úteis esteja abaixo do teor de corte, não podendo ser aproveitado como minério para concentração e transformação industrial, ou seja, não podendo ser alimentação para a lavaria.

Em qualquer operação mineira as quantidades existentes de estéril podem influenciar os custos operacionais e daí a sua importância para que tenha lugar a presente abordagem.

Assim, no caso concreto da Mina do "Romano" a rocha encaixante será considerada durante todos os processos de extração envolvidos como material estéril (micaxisto). Este, considerado inerte, possui uma densidade de 2,70 Kg/m^3 (BCM- "Bank Cubic Meters") "in situ", que quando desmontado, corresponde a uma densidade de 1,90 Kg/m^3 (LCM- "Loose Cubic Meters"), isto é, a rocha quando retirada do seu estado natural "ganha" volume por

haver um aumento do número de vazios a ocupar quando extraída.

Para além de outros anteriormente realizados, os trabalhos de campo levados a cabo pela equipa técnica da Lusorecursos ocorreram em 156 pontos, onde foram investigadas informações geológico-estruturais, como associação mineralógica e tipologia de rocha, foliações, lineações, presença de rochas e veios intrusivos (nomeadamente pegmatitos e veios de quartzo), falhas e fraturas. Estas investigações decorreram ao longo de mais de sete meses de trabalho, com foco de levantamento cartográfico e análise do contexto geológico geral.

2.2.1 Trabalhos de campo

Em síntese, a área estudada, indicada na Figura abaixo constitui uma estrutura metassedimentar inserida numa massa granítica envolvente. As rochas são designadas por uma intercalação de micaxistos, metagrauvaques e quartzitos que ocorrem ao longo de toda a área-alvo. Estas rochas são caracterizadas pela presença de uma massa mineral mais fina, composta maioritariamente por quartzo, micas (moscovites e biotites), granadas e andaluzites, estes últimos a depender do grau metamórfico na zona. Verifica-se ainda uma grande presença de filões e filonetes de quartzo inseridos nas rochas metassedimentares, com pequena possança e em concordância com as foliações principais.

Em trabalhos de campo, juntamente com análises petrográficas, definiu-se que grande parte da área de concessão encontra-se numa zona de cisalhamento, que foi caracterizada pela milonitização dos litótipos que se encontram nesta área. As rochas encontram-se intensamente deformadas por uma foliação que acabou por obliterar outras, tendo simultaneamente ocorrido a recristalização mineral em diversos casos.

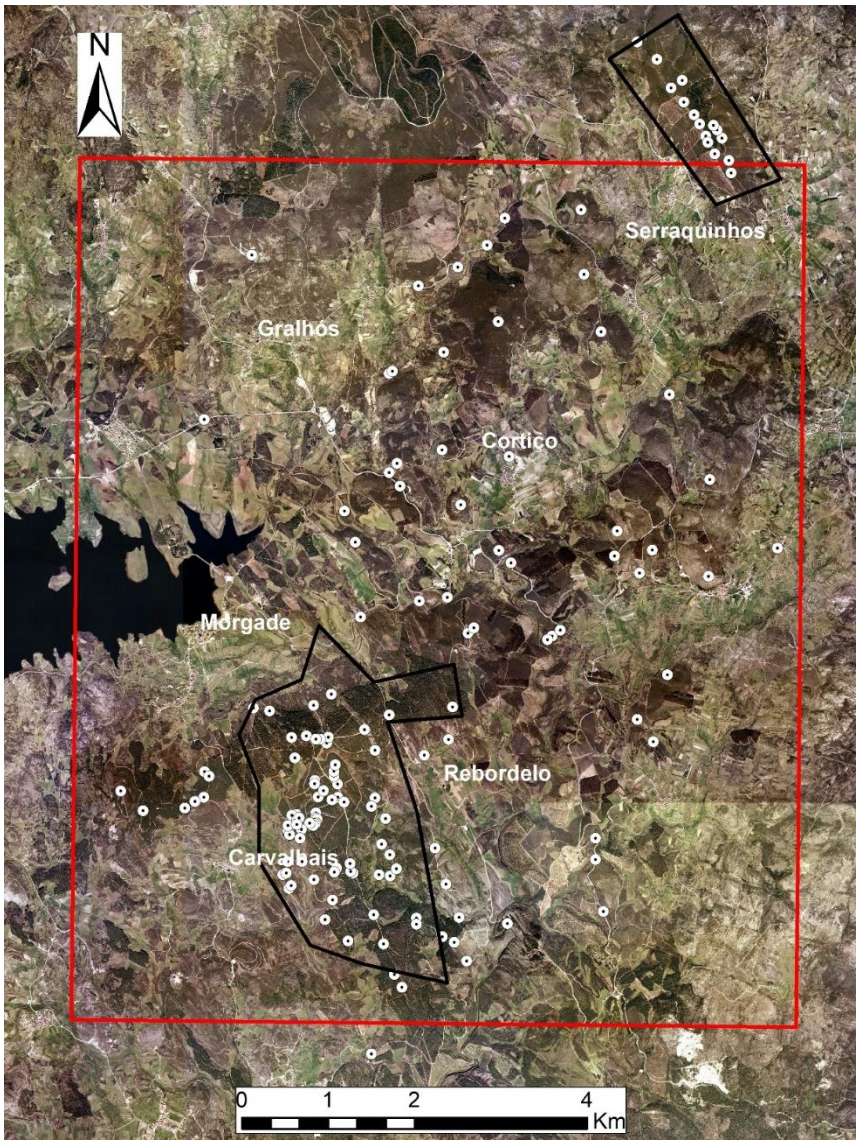


Figura 24 - Mapa de pontos de informação cartográfica-geológica numa área de interesse delineada a vermelho

2.2.2 Resultados analíticos

Do ponto de vista geoquímico, encontram-se no Quadro seguinte as análises químicas de rocha-total que foram realizadas no Actlabs (Activation Laboratories sito em Ancaster, Ontario-Canadá (https://actlabs.com/)), laboratório acreditado e/ou certificado internacionalmente por diversas entidades (*ie.* ISO/IEC 17025:2017; ISO 9001:2015, entre outros).

A este laboratório foi requisitado o serviço analítico designado "4 Lithoresearch", o qual assenta numa técnica de fusão com metaborato de lítio e fusão de tetraborato.

Esta fusão permite que toda a amostra seja dissolvida e representativa da rocha a analisar.

O serviço analítico citado, contempla dois métodos: 4B e 4B2. Basicamente as diferenças entre estes métodos são que se o método 4B analisa por ICP-OES ("Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry") por sua vez o método 4B2 analisa através do ICP-MS ("Inductively Coupled Plasma- Mass Spectometry").

Assim, a análise por ICP-OES (método 4B) quantifica os elementos maiores, enquanto a análise por ICP-MS (método 4B2) quantifica os elementos traço.

Os resultados apresentados abaixo são de análises a quatro amostras efetuadas por este laboratório até à fase presente, que são representativas da rocha encaixante, considerada estéril.

Com isto, parece por demais evidente e importa realçar que, apesar de não ter sido solicitado ao laboratório o doseamento/medição de enxofre (S), tal, de facto, mostrar-se-á desnecessário por ser suficientemente conclusivo o descarte, por exclusão, da existência de enxofre. Com efeito, de toda a variedade de elementos quantificados observa-se que os resultados obtidos fecham as respetivas análises a praticamente 100 % e, com isto, não haverá margem para existir enxofre sendo que na eventualidade de algum haver, este seria em quantidades diminutas tais que se poderiam dizer irrelevantes, ou sem expressão significativa, para se poderem constituir sulfuretos. Em concreto, na concessão do "Romano", se este elemento existir será limitado a valores em parte por milhão (ppm) e terá um significado residual nas litologias presentes.

Existem valores quantitativos de elementos indicadores que devem ser tidos em consideração, tais como o arsénio (As), que indicaria a presença de arsenopirite, a presença de cobre (Cu), suscetível da presença de calcopirite, a própria pirite que significa quantidades elevadas de ferro (Fe), a pirrotite responsável por quantidades de níquel (Ni) e ferro (Fe), o zinco (Zn) indicativo da presença de esfalerite, o chumbo (Pb) que poderá inferir a presença de galena, o molibdénio (Mo) que suportará a presença de molibdenite, a prata (Ag) que formaria a acantite, entre outros que constituem minerais raros e com menor probabilidade de se formarem.

Correlacionando os valores do Quadro abaixo com as indicações supramencionadas, verifica-se que a prata (Ag) atinge no máximo 1,1 ppm, o molibdénio (Mo) não foi possível mensurar devido ao limite mínimo de deteção de 2 ppm não ter sido atingido, arsénio (As) quantifica-se entre 5 a 9 ppm, o cobre (Cu) entre 30 a 110 ppm, o níquel (Ni) entre 50 a 60 ppm, o chumbo (Pb) entre 23 a 207 ppm e o zinco (Zn) entre 110-1480 ppm. Por outro lado, relativamente ao

óxido de ferro, este está compreendido entre 6,86 % e 10,6 %, representado assim valores normais para a litologia expressa que contém biotite e granada – minerais estes que incorporam ferro na sua estrutura cristalina. No entanto, de todos os elementos mencionados, realça-se que na amostra As17 poderá de facto ocorrer ocasionalmente esfalerite, comprovado por petrografia e mencionado na associação mineralógica, devido à presença de zinco anómalo das demais amostras.

Convém referir ainda que mesmo em cenário a comprovar por análises ao enxofre, os 1 480 ppm de zinco traduzir-se-iam em 0,01480 % na rocha-total.

Quadro 3 - Análises químicas multi-elementares de metassedimentos da concessão "Romano".

Observação: Todos os elementos menores a partir do escândio (Sc) são apresentados em ppm, que representa partes por milhão, ou seja, g/mL. Todos anteriormente são representados em óxidos, em percentagem.

*-elementos não analisados em determinada amostra

Amostras	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	LOI	TOTAL
AS15	49,66	1,124	24,93	10,6	0,142	3,15	0,5	1,14	4,03	0,08	4,2	99,6
AS16	62,37	0,909	18,45	7,32	0,18	2,69	1,15	1,75	2,53	0,11	3,08	100,5
AS17	63,13	0,906	18,24	6,86	0,146	2,55	1,2	1,73	3,03	0,12	2,94	100,8
RP84	43,302	1,653	32,84	9,457	0,125	2,332	2,266	2,337	3,51	0,101	1,77	99,7

Amostras	Sc	Be	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Rb	Sr	Y	Zr
AS15	22	4	145	120	27	60	110	160	34	2,5	5	435	112	36,1	177
AS16	16	4	110	100	18	50	30	110	24	2,1	9	225	135	31,8	202
AS17	16	3	110	100	18	50	30	1480	24	2,2	< 5	206	156	30,2	193
RP84	*	23	118	190	*	*	*	*	42,9	*	*	161	277	57,4	535

Amostras	Nb	Mo	Ag	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
AS15	21,4	< 2	1	0,1	30	< 0.2	122	759	67,4	129	14,4	54,3	10,2	1,9	7,64
AS16	15,3	< 2	1,1	0,1	11	3,4	134	364	47,5	94,1	10,5	39,4	7,74	1,6	6,33
AS17	15,6	< 2	1	0,1	7	< 0.2	108	395	48,5	95,7	10,5	40,1	7,76	1,74	6,18
RP84	23,6	*	*	*	7	*	13,8	500	115	222	25,5	99	17,95	2,64	12,65

Amostras	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U
AS15	1,13	6,7	1,28	3,61	0,517	3,36	0,519	4,7	1,7	3	2,63	23	0,1	21,4	4,04
AS16	0,98	5,63	1,1	3,12	0,454	2,94	0,457	5,1	1,27	2	1,22	207	0,5	15,3	3,23
AS17	0,92	5,51	1,04	2,99	0,429	2,91	0,43	5	1,28	2,3	1,04	33	0,1	15,5	3,2
RP84	1,79	10,7	2,04	5,72	0,85	5,29	0,82	14	2,2	2	*	*	*	39,2	6,03

O Quadro seguinte, foi extraído e adaptado de Ramos (2012), na qual o estudo efetuado incidiu sobre três zonas, sendo uma dessas coincidente com a área de concessão do “Romano”.

Assim sendo, o autor elaborou amostragem de litologias para diversas caracterizações, como petrológica, tectono-estratigrafia e também análise geoquímica. O autor apresenta uma amostra (CHV33) dentro da área de concessão do “Romano” e outras quatro amostras (CHV23, CHV29, CHV30 e CHV28) fora da concessão, mas na envolvente a esta, conforme indicado na figura que se segue.

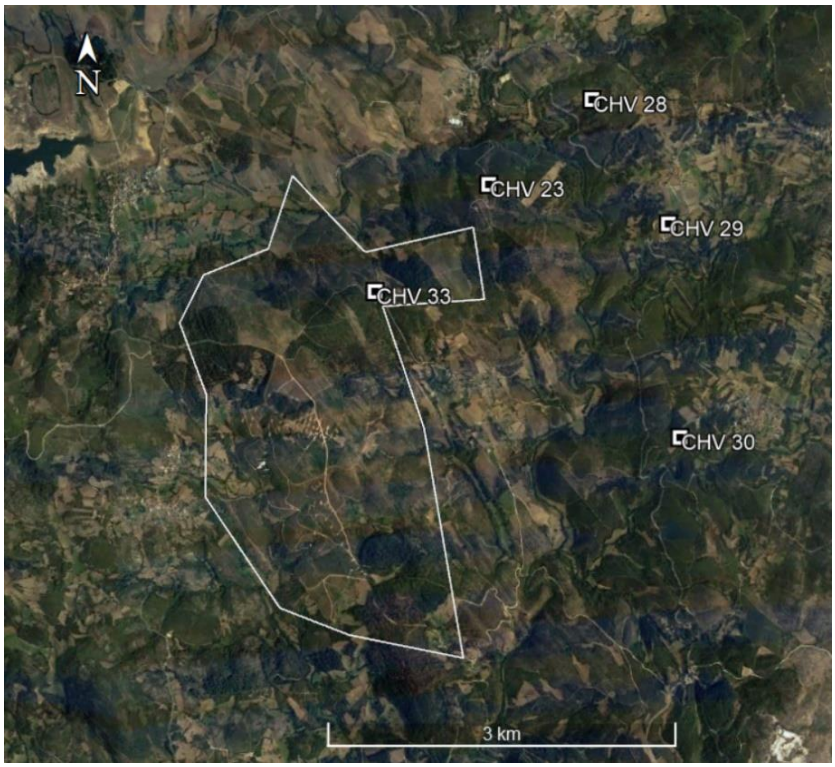


Figura 25 - Mapa de pontos de informação cartográfica-geológica numa área de interesse delineada a vermelho

Geoquimicamente, e em relação aos valores obtidos, os dados publicados não sugerem que os minerais investigados incorporem elementos danosos ao ambiente e suscetíveis de processos de extração e mobilidade para a água, nem se encontrem nas litologias existentes na área e zonas circundantes da concessão do “Romano”. Seguindo o mesmo raciocínio, utilizado para análise do Quadro acima, os elementos mais prováveis para a formação de sulfuretos, em conjunto com o enxofre (também não mensurável nestas análises), poderão existir, mas numa percentagem infinitesimal no conjunto de litologias presentes, visto que os dados analíticos comprovam que dos elementos que poderiam ser considerados nocivos para o ambiente, estes não se destacam.

No entanto, considerando o caso do bário (Ba) que atinge um máximo de 1139 ppm, ou seja, 0,11 % deste mineral na associação mineralógica, tem-se que este elemento poderá ser incorporado na biotite, que é um dos mais abundantes nesta litologia (micaxisto).

Os valores-traço representam a constituição mineralógica das rochas analisadas sendo que não da rocha encaixante, o micaxisto não apresenta quaisquer elementos que diretamente ou indiretamente possam causar preocupações ambientais, visto que foram analisados todos os elementos que poderiam, de alguma forma, colocar em causa o meio ambiente. Todo e qualquer elemento que possa vir a ser mobilizado para a água, será correspondente aos padrões do fundo geoquímico de base, como um sucedido natural.

Quadro 4 - Análises químicas de rocha-total, na zona da concessão e envolvente, adaptada de Ramos,2012. De SiO_2 até P_2O_5, são considerados em percentagem de óxidos os elementos. A partir do As até Zr, os valores são apresentados em ppm

Amostras	CHV23	CHV29	CHV30	CHV28	CHV33
Litologia	Mx e Gr -SPX	Mx e SPX		Quartzo-filito SPX	
Elementos					
SiO_2	51,48	68,74	51,73	70,02	77,79
Al_2O_3	26,98	17,80	25,64	15,03	12,84
Fe_2O_3	7,90	4,68	8,33	5,04	2,32
MnO	0,21	0,03	0,09	0,03	0,03
MgO	0,86	1,10	2,53	0,62	0,46
CaO	0,01	0,05	0,13	0,01	0,02
Na_2O	0,67	0,26	1,18	0,34	0,25
K_2O	4,70	3,64	5,41	3,92	3,34
TiO_2	0,89	0,85	1,07	0,71	0,58
P_2O_5	0,05	0,04	0,10	0,07	0,05
As	4,00	8,36	16,78	4,00	4,00
Ba	982,00	714,00	970,00	1139,00	679,00
Be	3,00	3,00	5,00	2,00	3,00
Ce	101,47	87,03	113,21	66,40	91,63
Co	19,43	11,82	18,73	7,88	3,25
Cr	103,54	84,87	126,57	75,32	56,60
Cs	17,30	7,83	40,26	48,22	3,82
Cu	33,60	10,20	15,77	14,42	9,00
Eu	1,48	1,25	1,78	1,01	1,41
Ga	32,29	20,32	32,39	16,09	13,79
Ge	2,92	3,79	2,16	2,00	1,05
Hf	3,65	6,87	5,34	6,10	8,79
La	50,78	45,74	60,01	32,64	43,98
Lu	0,29	0,41	0,52	0,32	0,33
Nb	15,00	16,00	19,00	14,00	13,00
Nd	41,75	35,30	46,25	26,68	36,08
Ni	51,76	19,00	48,74	19,00	19,00
Rb	187,94	139,71	236,61	176,19	110,58
Sb	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sc	23,00	12,00	20,00	13,00	7,00
Sm	7,28	6,64	8,31	4,92	6,83
Sr	83,00	63,00	87,00	62,00	44,00
Tb	0,65	0,89	1,09	0,65	0,84
Th	19,55	15,72	18,47	12,11	13,49
U	3,05	3,86	4,21	3,51	3,11
V	140,00	79,00	120,00	74,00	37,00
Y	18,00	27,00	36,00	20,00	22,00
Yb	1,87	2,84	3,39	2,14	2,10
Zn	152,94	126,36	117,51	78,41	20,00
Zr	128,00	246,00	181,00	227,00	354,00

3. Jazigo aplito-pegmatítico “Romano”

Na área correspondente ao bloco A da concessão “Romano”, os xistos metamórficos, referidos na cartografia 1:50 000, são importantes corpos de natureza aplito-pegmatítica que ocorrem sob a forma de enxames de diques ou filões. Nestes, estão contidas importantes ocorrências anómalas de minerais-minério que albergam elementos químicos de elevado valor (petalite – lítio; cassiterite – estanho; columbo-tantalite – nióbio e tântalo) e ainda minerais industriais como os feldspatos sódicos e potássicos e quartzo.

Os campos aplito-pegmatíticos de importância económica no Norte de Portugal (*e.g.* regiões do Barroso e da Serra do Alvão) encontram-se dominantemente encaixados em rochas metassedimentares de idade ordovícico-silúrica com metamorfismo de grau intermédio a baixo, pertencentes respetivamente à ZGTM e à ZCI, e espacialmente associados a granitos de duas micas peraluminosos (Noronha *et al.*, 2013). A grande maioria dos filões que a Lusorecursos tenciona brevemente explorar (sinónimo de “exploitation”) na área concessionada, correspondem aos de tipo pegmatítico de maior possança, heterogéneos e que constituem enxames de variados tamanhos mineralizados com espodumena e petalite (Noronha *et al.*, 2013).

A complexidade das rochas aplito-pegmatíticas é muito variável. As mais comuns apresentam uma associação mineralógica muito simples, semelhante a uma rocha de composição granítica, composta por quartzo, feldspatos e micas, enquanto outras são deveras complexas, dispostas em sequências zonadas e com paragéneses muito heterogéneas (Moura e Velho, 2012). Como é referido em Noronha *et al.* (2013), estes filões com elementos raros (marcados a azul na Figura 19 e a encarnado na Figura 20), pertencem à família de pegmatitos LCT (Li – lítio, Cs – césio, Ta – tântalo) do tipo complexo e subtipo petalite de acordo com o sistema de classificação de Černý (1991) e Černý e Ercit (2005) dado que a espodumena se encontra em menor proporção.

A investigação em curso que incide sobre a génese e classificação dos pegmatitos já teve o seu início no séc. XIX. Alguns dos pioneiros nestas matérias favoreceram uma origem inteiramente ígnea ou magmática enquanto outros realçaram exclusivamente o hidrotermalismo, culminando na hipótese, defendida por muitos, de uma complexa conjugação de ambos os processos. Nos últimos anos, é consensual a importância destas rochas como fontes de metais raros, mas a sua génese continua algo controversa. De uma forma simples, existem atualmente duas perspetivas sobre o assunto relativo à petrogénese de pegmatitos mineralizados em lítio e outros elementos de interesse económico: (1) cristalização fracionada intensa e contínua de um

magma granítico à escala de um plutão; (2) processos de anatexia com baixas taxas de fusão de rochas crustais na presença de fluidos (Shaw *et al.*, 2016). Estas duas correntes representam ideias opostas, sendo que, na prática, é possível admitir que os pegmatitos possam ser originados pela combinação da fusão crustal e da subsequente cristalização fracionada, alicerçada pela cristalização de fluidos pós-magmáticos ou da ação metassomática de fluidos residuais.

A distribuição do elemento lítio – Li nas rochas magmáticas é controlada parcialmente pela razão (MgO + FeO) / Li_2O (Moura e Velho, 2012). Nos primeiros estádios de cristalização magmática, esta razão é muito elevada e como os elementos magnésio – Mg e ferro – Fe tendem a ocupar preferencialmente a estrutura dos minerais ferromagnesianos, o Li, mais incompatível, vai-se concentrando progressivamente no magma residual mais evoluído e félsico (Moura e Velho, 2012). Com efeito, a incorporação de Li na estrutura de vários silicatos ocorre nas fases mais tardias da diferenciação de líquidos magmáticos (*e.g.* cristalização fracionada).

O trabalho pioneiro sobre os filões aplito-pegmatíticos mineralizados em lítio – Li e estanho – Sn da região do Barroso-Alvão deve-se a Noronha (1987). Anteriormente, já tinham sido reportadas ocorrências de minerais de lítio, mais concretamente espodumena, na região do Minho, em Gelfa, concelho de Vila Praia de Âncora no distrito de Viana do Castelo por Torre de Assunção (1954). Desde então, vários trabalhos de índole académica foram realizados com o objetivo de caracterizar os processos responsáveis pela sua ocorrência, génese e instalação, dos quais se destacam Charoy *et al.* (1992), Lima (2000), Charoy *et al.* (2001), Lima *et al.* (2003), Noronha e Lima (2006), Martins (2009), Lima *et al.* (2010), Martins e Lima (2011), Noronha *et al.* (2013), Gomes Dias (2016), Lopes Dias (2016) e Faria (2021).

De acordo com Martins e Lima (2011), os filões aplito-pegmatíticos que intruem os metassedimentos do CMP foram subdivididos em 4 grupos ou tipos distintos:

1 – Estéreis;
2 – Espoduménicos;
3 – Petalíticos;
4 – Lepidolíticos.

Na área concessionada (bloco A; Fig. 20) ocorrem os filões petalíticos ou os mais ricos em petalite (minério de lítio – Li) e em cassiterite (minério de estanho – Sn) em proporções que são, de grosso modo, similares às descritas por Lima

et al. (2003), Noronha e Lima (2006), Martins (2009), Lima *et al.* (2010), Martins e Lima (2011), Noronha *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2018). É importante salientar que as regiões modalmente mais relevantes em petalite são texturalmente mais grosseiras (granítico-pegmatíticas) que as restantes, ligeiramente mais ricas em cassiterite (aplíticas revelando texturas sacaroidais e até caulinizadas/com caulinite).

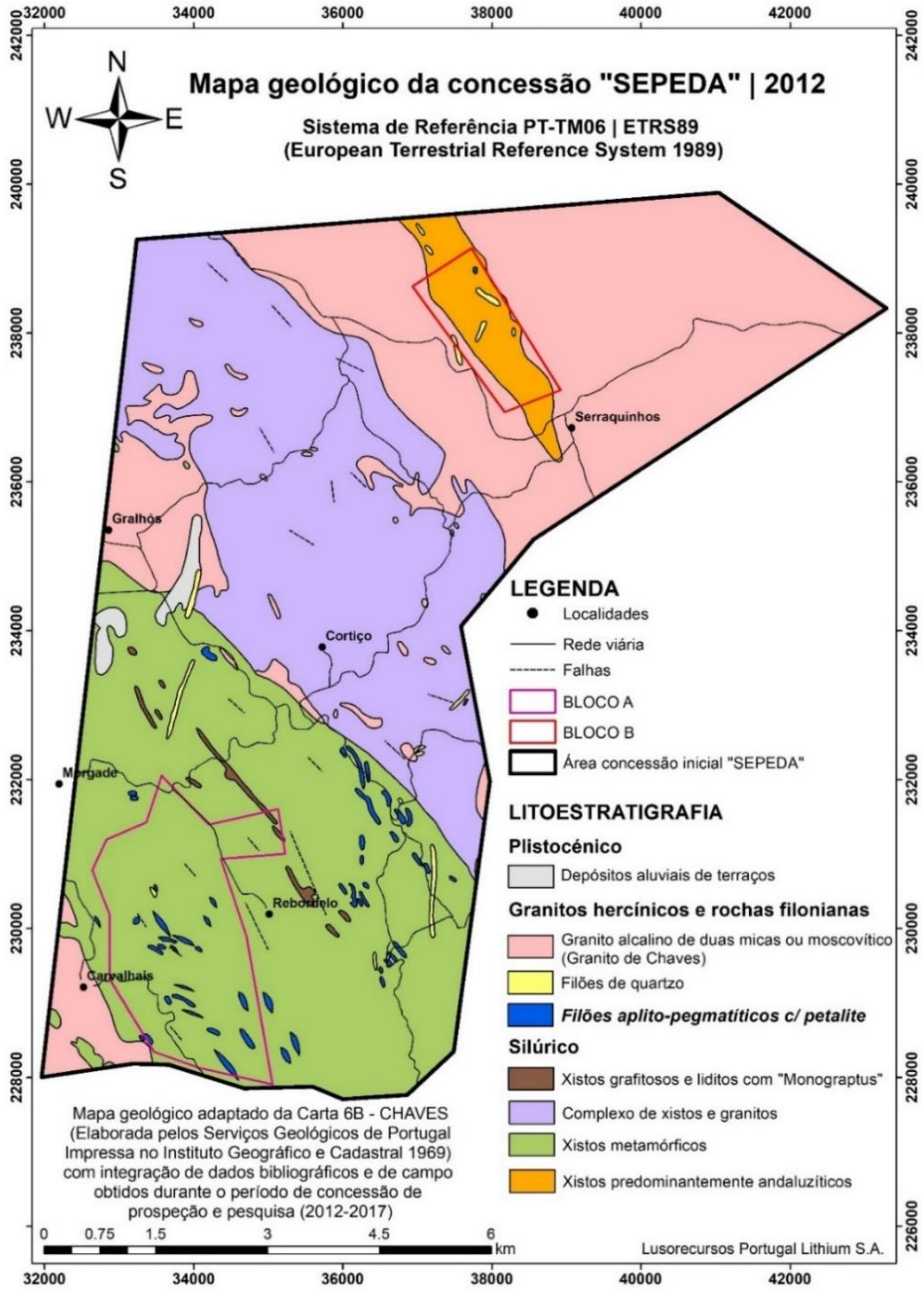


Figura 26 - Mapa geológico simplificado da área de concessão inicial 2012 mostrando a localização dos blocos A e B

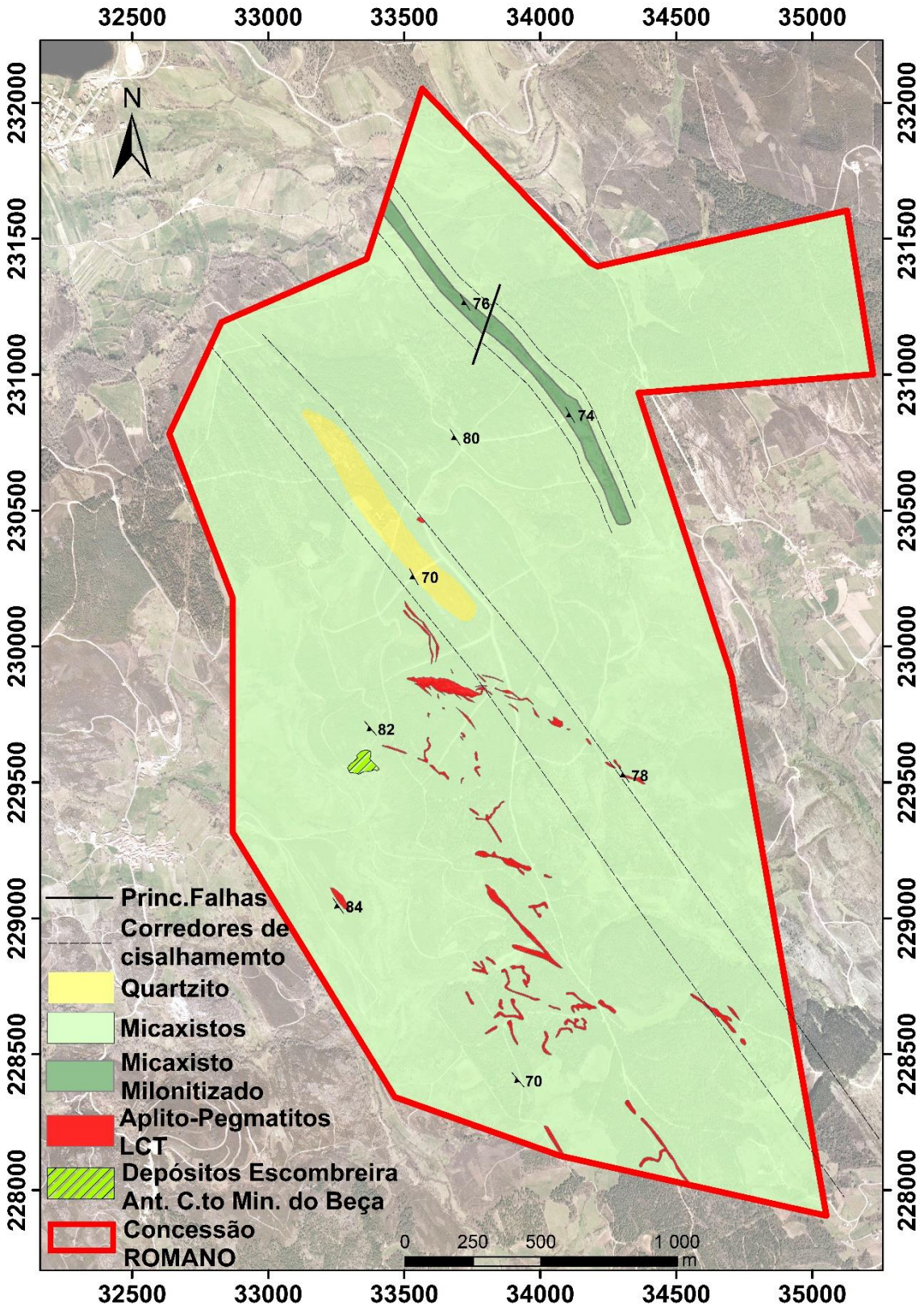


Figura 27 - Mapa geológico do bloco A da concessão "Romano"

O principal minério de lítio – Li na concessão "Romano" é efetivamente a petalite, que corresponde a um tectossilicato de fórmula geral $LiAlSi_4O_{10}$ com um conteúdo teórico de 78,4% em SiO_2, 16,7% em Al_2O_3 e 4,9% em Li_2O (*cf.* Klein & Hurlbut, 1998).

Estruturalmente, os micaxistos com andaluzite e quartzo-filitos, que constituem as litologias encaixantes no bloco A da concessão "Romano" estão quase sempre muito deformados e registam os fortes efeitos da última fase de deformação Varisca (D_3), que praticamente obliterou os dois (2) anteriores episódios (D_1 e D_2), observáveis apenas petrograficamente. De acordo com Noronha e Lima (2006), os filões aplito-pegmatíticos LCT na região do Barroso-Alvão estão instalados em planos relacionados com a fase D_3, com orientações de N130ºE e N-S a N10ºE, evidenciados pela Figura 27.

Os pegmatitos LCT mineralizados em Li, no contexto da concessão "Romano" (bloco A), são efetivamente leucocratas (de cor clara) e encontram-se dispostos em enxames ou aglomerados de filões alojados em rochas encaixantes de natureza metassedimentar do Silúrico (micaxistos andaluzíticos) e que se distinguem claramente dos restantes litótipos LCT pela sua coloração bem mais escura, elevada xistosidade e deformação, como aferido pela Figura 28.

Figura 28 - Contraste litológico entre as rochas LCT de cor clara e os micaxistos encaixantes mais escuros; coordenadas ETRS89 – PTTM06 (Afl. MIP13; x= 33000; y= 231067)

Macroscopicamente, nas litologias LCT, são percetíveis dois (2) grupos texturais e mineralógicos distintos:

1) Texturas ígneas grosseiras que se caracterizam pela ocorrência de minerais com dimensões consideráveis (superiores a 1cm), variando de branco-sujo a bege, identificados como feldspatos (plagioclases e feldspatos alcalinos) ou petalite, frequentemente acompanhados de finos agregados de quartzo branco, moscovites que se destacam pelo brilho e minerais escuros que se presumem ser cassiterites. Adicionalmente, ressalta-se a presença de algumas manchas de alteração hidrotermal constituídas por minerais de cor verde, amarela e com tons arroxeados e rosados.
2) Texturas aplíticas frequentemente caulinizadas dada a matriz de aspeto sacaroidal, muito fina e de fácil desagregação, de onde se destacam essencialmente os feldspatos, argilas neoformadas (*e.g.* caulinite) e a cassiterite.

Estes dois (2) grupos texturais ocorrem, segundo as amostras colhidas ao longo do período de prospeção e pesquisa "Sepeda" (2012-2017), quer intercalados em bandas, quer fortemente interpenetrados ou misturados, conforme demostrado figura abaixo.

Figura 29 - Exemplo de testemunhos provenientes dos setores aplito-pegmatíticos fortemente mineralizados em petalite (sondagens LRS02; LRS03 e; LRS05)

Microscopicamente, as rochas LCT de interesse económico revelam texturas tipicamente magmáticas e são essencialmente constituídas pelas seguintes fases minerais principais: albite (feldspato/plagioclase sódica), petalite, quartzo, ortoclase (feldspato potássico) e moscovite. Como minerais acessórios mais comuns, destaca-se a presença de montebrasite (fosfato de lítio) e apatite (fosfato de cálcio), dos metálicos cassiterite e columbo-tantalite (minérios de estanho – Sn e nióbio-tântalo – Nb-Ta respetivamente) e ainda espodumena, eucriptite, biotite e cookeíte (silicatos de lítio). Em termos modais, a albite, a petalite e o quartzo são as fases mais relevantes nestas rochas embora em algumas secções a petalite efetivamente predomine sobre as restantes (Figs. 23 a 26).

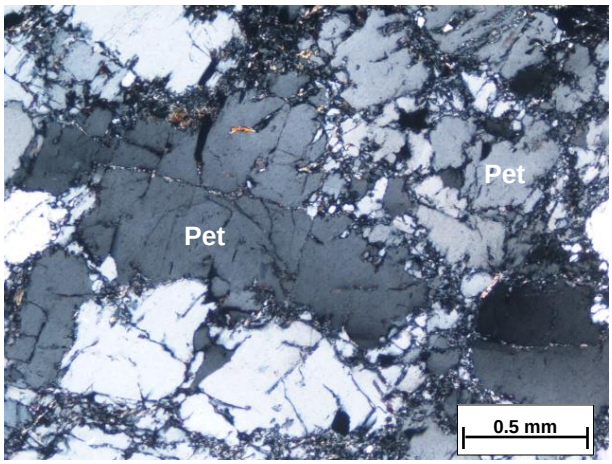


Figura 30 - Textura típica das secções maioritariamente ocupadas por petalite (Pet)

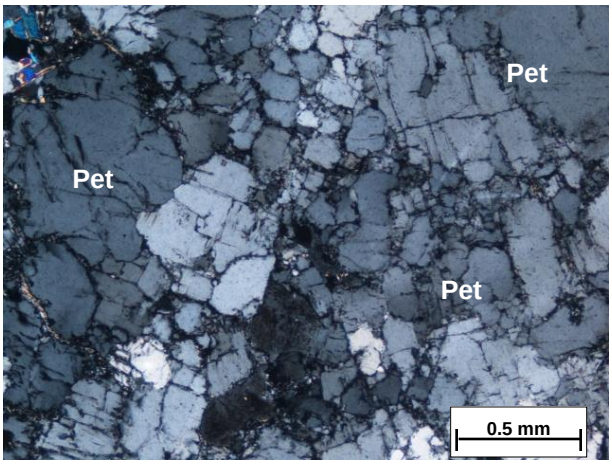


Figura 31 - Mesmo aspeto da figura anterior

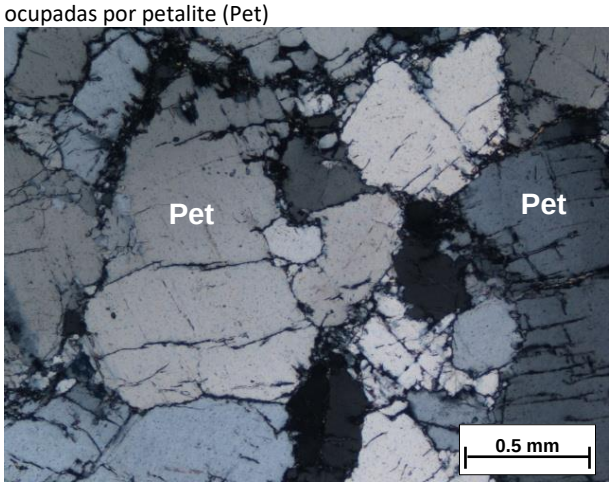


Figura 32 - Agregado de cristais de petalite mais grosseiros

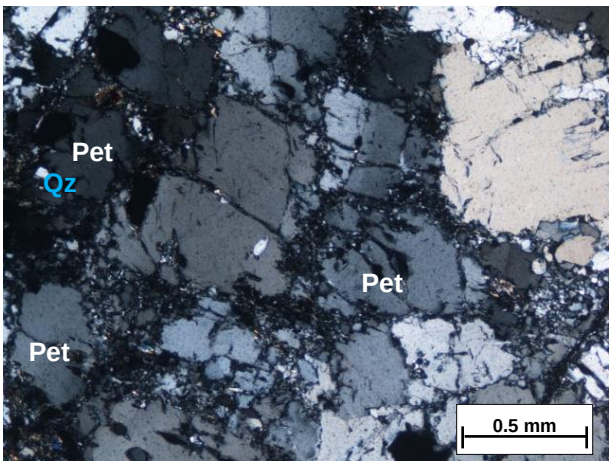


Figura 33 - Mesmo aspeto da figura anterior

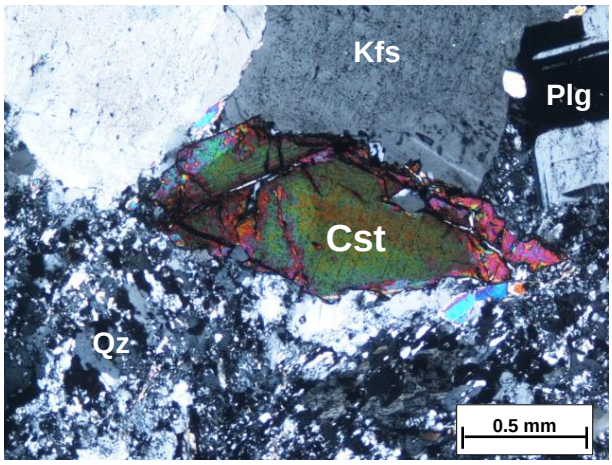


Figura 34 - Cristal de cassiterite (Cst) isolado matriz quartzo-feldspática (Qz-Plg-Kfs)

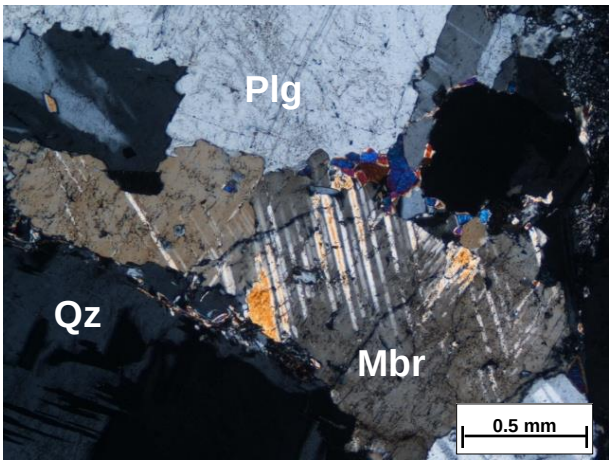


Figura 35 - Grão de montebrasite igualmente disperso na matriz leucocrática (Qz-Plg)

De cerca de meia centena de lâminas delgadas polidas provenientes de várias profundidades foram confecionadas nos Laboratórios de Petrologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) e Sala de Preparação de Lâminas Delgadas da Universidade de Aveiro (UA). Para efeitos de descrição petrográfica usou-se o microscópio petrográfico (*Olympus* BX50) do Laboratório de Petrologia e Mineralogia do Departamento de Geociências da UA que está equipado com máquina fotográfica com alta resolução. Selecionaram-se oito (8) lâminas para a obtenção de dados de química mineral recorrendo a microssonda eletrónica (*CAMECA* SX-100), instalada nos Serviços Técnicos e Científicos da Universidade de Oviedo (Astúrias, Espanha).

A microssonda *CAMECA SX-100* encontra-se equipada com cinco espectrómetros de dispersão de comprimento de onda (*WDS*) e um espectrómetro de dispersão de energia (*EDS*). Acoplado à microssonda, existe um Microscópio Eletrónico de Varrimento, equipado com detetores de *BSE* e *ABS* para aquisição de imagens de eletrões retrodifundidos e absorvidos, o que permite selecionar pontos, usando microscopia ótica de transmissão e de reflexão, num circuito fechado de televisão. As determinações foram realizadas sob uma corrente de emissão de 15nÅ, um potencial de aceleração de 15kV e um diâmetro de feixe eletrónico de 2μ. Os dados obtidos foram corrigidos automaticamente pelo método ZAF e calibrados em função dos padrões, após as contagens.

Relativamente às análises de química mineral obtidas, estas incidiram principalmente nas principais fases minerais presentes e já petrograficamente discriminadas (plagioclase – Plg; feldspato potássico – Kfs; petalite – Pet) bem como em minerais considerados para já como acessórios (montebrasite – Mbr e eucriptite – Ecr). A média dos resultados analíticos adquiridos para cada umas destas fases encontram-se distribuídas no Quadro 5.

Destaca-se a fase modalmente relevante que contém lítio – Li na sua estrutura cristalina, ou seja, a petalite. Como já foi referido anteriormente, as observações petrográficas revelaram os elevados volumes de petalite ($LiAlSi_4O_{10}$) comparativamente aos restantes constituintes minerais dos aplito-pegmatitos LCT (Figs. 23 a 26). É importante ainda mencionar a ocorrência muito pontual (~0,01-0,10%) de outros minerais que foram detetados na microssonda eletrónica (*EPMA – "Electron Probe MicroAnalysis"*) e que não apresentam qualquer relevância económica no jazigo "Romano": (i) o sulfureto esfalerite (Zn,Fe)S; (ii) goyazite $SrAl_3(PO_4)_2(OH)_5.H_2O$; fosfato de estrôncio hidratado e; (iii) o zeólito bikitaite ($Li_2(Al_2Si_4O_{12}).2H_2O$; aluminossilicato de lítio hidratado; este último mineral nunca foi antes documentado na região do Barroso e Serra do Alvão por todos os autores anteriormente citados.

Quadro 5 - Média dos resultados analíticos EPMA - "Electron Probe MicroAnalysis" das principais fases minerais presentes no jazigo "Romano" (vol. %)

	Plg	Kfs	Pet	Mbr	Ecr
SiO_2	68,35	64,03	78,67	0,04	47,60
TiO_2	0,01	0,00	0,01	0,24	0,02
Al_2O_3	19,66	17,94	16,58	35,34	38,62
FeO	0,02	0,00	0,01	0,02	0,49
MnO	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
MgO	0,01	0,00	0,01	0,01	0,13
CaO	0,06	0,00	0,01	0,01	0,18
Na_2O	11,08	0,27	0,02	0,00	0,08
K_2O	0,09	15,90	0,01	0,00	0,07
P_2O_5	0,17	0,20	0,01	53,93	0,14
Cr_2O_3	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
BaO	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
NiO	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02
Rb_2O	0,13	0,55	0,16	0,01	0,11
SrO	0,05	0,02	0,04	0,02	0,06
Nb_2O_3	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
SnO_2	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
F	0,05	0,03	0,06	1,43	0,02
Ta_2O_5	0,00	0,05	0,05	0,02	0,00
Total	99,71	99,06	95,68	91,14	87,61
Li_2O[1]			**4,32**	**9,86**	**12,39**

[1] Calculado a partir da seguinte fórmula: 100-total = $\%Li_2O$

A média de teores em Li_2O nas petalites analisadas na microssonda é de 4,32%. Os concentrados petalíticos são considerados de carácter comercial para a indústria cerâmica ("*technical grade*" – 4,5% Li_2O) e dentro do intervalo 4,0 – 4,5% Li_2O "*chemical grade*" *i.e.* para conversão em compostos de lítio "*battery grade*" (*e.g.* hidróxido de lítio mono-hidratatado – $LiOH.H_2O$). As microanálises *EPMA* confirmaram outras evidências testemunhadas através da petrografia, pelo que se obtiveram igualmente resultados conclusivos para a montebrasite (fosfato de lítio de ocorrência comum em aplito-pegmatitos LCT; $LiAl(PO_4)(OH,F)$; Fig. 28) e eucriptite (mineral secundário resultante da alteração da petalite; $LiAlSiO_4$).

Conclui-se que o principal minério de lítio no jazigo "Romano" (petalite) foi claramente detetado nestas análises e que os seus conteúdos em Li_2O são bastante plausíveis e importantes tendo em consideração os parcos resultados de química mineral de alguns dos trabalhos académicos desenvolvidos na região do Barroso-Alvão (*e.g.* Lima, 2000; Charoy *et al.*, 2001; Lima *et al.*, 2010; Martins e Lima, 2011).

O Quadro 6 mostra três (3) análises geoquímicas por *ICP-AES* (espetrometria de emissão atómica por plasma acoplado indutivamente) e *ICP-MS* (espetrometria de massa por plasma acoplado indutivamente) representativas do recurso a explorar, das quais uma (1) é representativa de rocha alterada ou mais oxidada que de grosso modo exibe texturas mais aplíticas e que normalmente ocorre nas áreas mais superficiais enquanto que as restantes duas (2) amostras do jazigo "Romano" são relativas às áreas mais frescas e menos superficiais não sendo abrangidas pelo manto de alteração/meteorização/oxidação. As rochas frescas amostradas e analisadas rondam os 200 kg enquanto a alterada ronda os 20 kg e daí se poder assumir uma considerável representatividade do depósito mineral "Romano", como verificado na Figura 36. Amostras estas que foram submetidas para a execução de ensaios de processamento mineral e de metalurgia em Centros de Pesquisa Privados, os quais estão abrangidos por acordos de confidencialidade com a Lusorecursos.

Os dados que constam no Quadro 6 revelam concentrações em óxido de lítio (Li_2O) entre 0,95 e 0,99% em amostras frescas LCT, enquanto na alterada ou oxidada, o valor é muito baixo (0,06%), sendo sugestivo que, a partir destes dados, os teores de lítio – Li nas regiões mais mineralizadas em petalite rondarão em média o intervalo compreendido entre os 0,8 e 1,2% de Li_2O.

Quadro 6 - Análises químicas em dois (2) Centros de Pesquisa Privados do recurso a explorar (aplito-pegmatito LCT)

Elemento	Unidade	Lab. 1	Lab. 2	
		Fresca	Fresca	Alterada
SiO_2	%	74,5	74,0	69,7
Li_2O	%	0,99	0,95	0,06
BeO	%	0,03	-	-
B_2O_3	%	0,07	-	-
Na_2O	%	4,35	4,09	3,28
MgO	%	0,03	<0,01	0,05
Al_2O_3	%	14,66	15,7	17,6
P_2O_5	%	0,48	0,3	0,53
K_2O	%	2,52	3,8	5,38
CaO	%	0,29	0,12	0,40
TiO_2	%	0,01	0,01	0,01
Cr_2O_3	%	0,01	-	-
MnO	%	0,05	0,06	0,02
Fe_2O_3	%	0,63	0,17	0,60
BaO	%	-	<0,01	<0,01
PbO	%	-	<0,01	<0,01
SO_3	%	-	<0,01	<0,01
Cu	%	-	-	-
Zn	%	0,01	-	-
As	%	-	-	-
Sr	%	-	-	-
Zr	%	0,01	0,01	0,01
Sn	%	0,05	-	-
C	%	0,03	-	-
LOI	%	0,79	0,6	2,2
Nb	Ppm	34	-	-
Ta	Ppm	12	-	-
Rb	Ppm	-	885	1115

Em relação aos resultados referentes aos óxidos de sódio – Na_2O e potássio – K_2O, estes são sustentados pela abundante presença de feldspatos sódicos e potássicos, ou seja, albite e ortóclase. Na rocha alterada, os valores de óxido de potássio – K_2O e de alumínio – Al_2O_3 são consideravelmente superiores às amostras frescas, sendo admissível que o feldspato alcalino e seus produtos de meteorização sejam efetivamente mais abundantes nas regiões mais oxidadas ou até mais aplíticas texturalmente.

Figura 36 - Fotografias de parte das amostras analisadas nos Centros de Pesquisa Privados: à esquerda a rocha fresca e à direita a rocha oxidada/alterada

Realça-se também a reduzida abundância dos teores de óxido de ferro – Fe_2O_3 (~0,6%) e óxido de fósforo – P_2O_5 (~0,5%), que estão documentados como possíveis elementos penalizadores no processamento mineral ou mineralurgia dos aplito-pegmatitos LCT que visam a concentração de petalite. Paralelamente, o que estes dados também nos indicam é que o fosfato litinífero ambligonite-montebrasite e os restantes fosfatos (a maioria sob a forma de apatite) não são de todo abundantes comparativamente aos aluminossilicatos de lítio. Desse modo, é completamente plausível supor que a maioria do elemento lítio – Li, que aqui se representa sob forma de óxido, se encontra na fase petalítica de acordo com a análise modal conhecida (cerca de 20% do total das litologias pegmatíticas contrariamente aos restantes aluminossilicatos identificados como espodumena, eucriptite, cookeíte e bikitaite, que respondem apenas por uns parcos 0,5%).

As concentrações de zinco – Zn (0,01% = 100ppm) deverão com toda a certeza estar associadas à residual ocorrência de esfalerite/blenda. É também possível verificar no Quadro 3 que as análises não revelaram a presença ou estão abaixo do limite de deteção de arsénio – As, cobre – Cu e chumbo – Pb, elementos que normalmente estão associados ao enxofre – S, que por sua vez, sob a forma de SO3 não foi detetado ou é inferior a 0,01%. Relativamente ao estanho – Sn, elemento de interesse económico, os teores médios são de 0,05%, ou seja 500 ppm ou 50 g por tonelada. Está presente na cassiterite que foi intensamente explorada durante cerca de 20 anos no passado séc. XX no denominado Antigo Couto Mineiro do Bessa, que albergava o filão "Romano", o mesmo que deu o nome à concessão da Lusorecursos, situado nas freguesias de Morgade (Montalegre) e Beça (Boticas). Neste antigo Couto Mineiro, também se exploraram columbo-tantalites, mas em menor escala e conforme é perfeitamente percetível no Quadro 6,

os valores de nióbio – Nb e tântalo – Ta são de todo reduzidos, logo esta fase mineral é pouco abundante no jazigo "Romano".

Por fim, relativamente ao valor de *LOI* ("Loss On Ignition"), que significa "perda ao rubro", existe uma discrepância clara entre as análises de rocha fresca e a rocha alterada, muito provavelmente devido ao facto de na rocha alterada poderem estar presentes minerais resultantes de alteração meteórica (*e.g.* caulinite após hidrólise de feldspatos). Estes minerais, habitualmente designados como minerais argilosos (*e.g.* caulinite, ilite, montmorilonite), integram na sua estrutura cristalina quantidades significativas de água – H_2O e uma determinada amostra que os contém, ao ser exposta a altas temperaturas liberta sob forma gasosa componentes voláteis que servem para aferir o parâmetro *LOI*. Os minerais que se encontram na associação mineralógica do recurso aplito-pegmatítico LCT a explorar e que poderão efetivamente ser responsáveis pelos valores apresentados do parâmetro *LOI* são a moscovite, biotite, cookeíte e os minerais de argila caulinite e montmorilonite. Apenas a título de exemplo, a cookeíte, uma mica resultante da alteração de outras fases litiníferas, incorpora na sua estrutura cristalina cerca de 14% de H_2O.

De testemunhos provenientes de sondagens mecânicas diamantadas ("Diamond Drilling") e de materiais trazidos por circulação inversa ("Reverse Circulation"; maioria), foram amostrados os segmentos com fortes suspeitas da ocorrência de mineralizações de lítio – Li com o objetivo de se obterem dados geoquímicos de rocha-total significativos. As análises foram encomendadas e realizadas em laboratórios certificados (*e.g.* Laboratório de Geoquímica *ALS* – "Australian Laboratory Services"), usando as técnicas analíticas de *ICP-MS* e *ICP-AES*.

Em termos geoquímicos, foram obtidas 2 614 análises químicas de rocha-total ao longo do tempo em que decorreu a prospeção "Sepeda" dos elementos maiores SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_{3T}, K_2O, Na_2O, Li_2O e traço Cs, Ta, Sn, Be e Rb durante um período de cinco (5) anos compreendido entre dezembro de 2012 e 2017 sendo que a grande maioria corresponde a litologias aplito-pegmatíticas. Já na fase final, em acréscimo aos elementos mencionados, destaca-se a obtenção de concentrações de elementos terras-raras (ETR; do lantânio – La ao lutécio – Lu) em trinta e sete (37) aplito-pegmatitos, dois (2) xistos hospedeiros e uma (1) amostra de mistura.

Com o objetivo de se avaliarem as possíveis relações entre as numerosas amostras de pegmatitos, aplito-pegmatitos e aplitos e de alguns metassedimentos encaixantes, projetam-se as suas composições nos elementos químicos de superior interesse, ou seja, em Li_2O (%), Cs (ppm), Ta (ppm) e Sn (ppm) em gráficos bivariados, usando o teor em sílica (% de SiO_2) como

parâmetro de discriminação química (eixo das abcissas) (Fig. 30). Com efeito, é possível verificar que muitas das amostras que apresentam teores consideráveis de óxido de lítio (% de Li_2O > 1) se situam no intervalo entre os 65 e os 75% de SiO_2, o que é perfeitamente compatível com uma petrogénese a partir de líquidos magmáticos félsicos de afinidade granítica. Constata-se igualmente que apenas cerca de uma dezena de amostras apresentaram teores iguais ou superiores a 3% de Li_2O, mas, no entanto, são imensos os resultados superiores a 1%.

Também, nos diagramas de variação química (Figura 37), é bem notório que algumas amostras se encontram empobrecidas em Li_2O (%), sendo sugestivo que caracterizem as litologias mais misturadas com a rocha encaixante e as aplíticas mais superficiais comparativamente às pegmatíticas de ocorrência mais profunda. Portanto, é possível assumir que diferenças texturais, litológicas e espaciais podem ser indicativas da maior ou menor preponderância de petalite e das restantes fases minerais que incorporam algum lítio na sua estrutura (*e.g.* eucriptite, montebrasite e também espodumena, cookeíte e bikitaite).

É também importante assinalar que uma grande parte das amostras contém teores superiores a 1% de Li_2O, o que é perfeitamente cabível e relevante tendo em consideração a diluição promovida pelas restantes fases silicatadas não litiníferas presentes nestes litótipos (*e.g.* albite, feldspato potássico e o quartzo). O comportamento dos restantes elementos de importância económica (estanho – Sn, tântalo – Ta e césio – Cs), que se encontram igualmente projetados na Figura 37, são compatíveis com a mineralogia observada macroscopicamente e analisada petrograficamente, mas, aparentemente, com valor económico pouco expressivo de momento para tântalo e césio. Com efeito, realça-se a abundância de amostras com teores de Sn superiores a 1 000 ppm (0,1% ou 1kg/ton) que estão de acordo com a presença regular de cassiterite que se pretende extrair, libertar e concentrar.

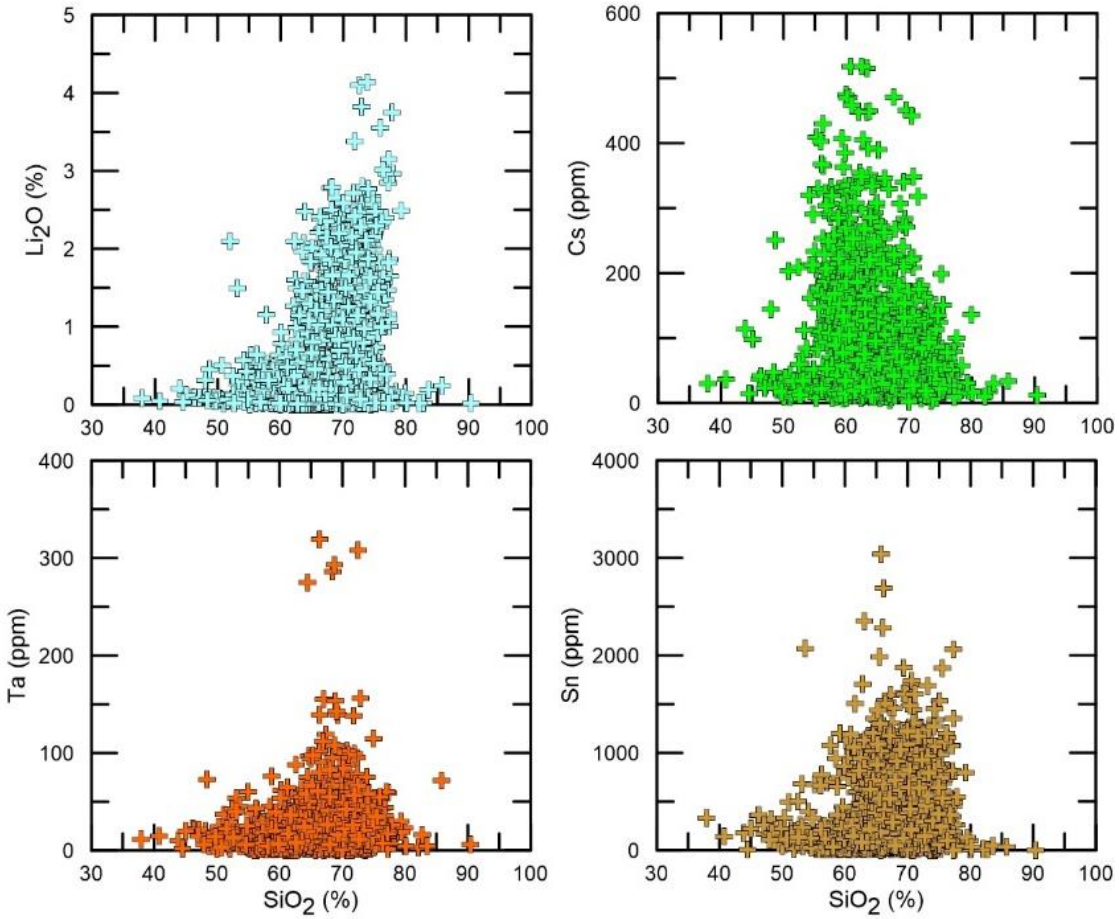


Figura 37 - Diagramas bivariados Li2O, Cs, Ta e Sn vs. SiO2 para 2614 amostras de aplito-pegmatitos LCT da concessão "Romano"

Por fim, na Figura 38, apresentam-se os padrões de terras-raras (ETR), normalizados para o condrito de McDonough e Sun (1995), das 40 amostras do furo LRS05 (última campanha de sondagens que decorreu no segundo semestre de 2017). É possível constatar que a maioria das amostras (37), que correspondem a aplito-pegmatitos LCT, apresentam teores mais baixos em ETR (ΣETR = 1,37 – 5,61ppm) que os micaxistos com intercalações de veios de quartzo (ΣETR = 144,47 – 518,45ppm) enquanto uma amostra de "mistura" de micaxisto + aplito-pegmatito apresenta teores de ETR intermédios (ΣETR = 36,37 ppm). As rochas aplito-pegmatíticas mostram padrões de ETR heterogéneos que se caracterizam por um enriquecimento moderado a elevado das ETRL (terras-raras leves) em relação às ETRP (terras-raras pesadas) (La_N/Yb_N = 5,43-74,73) e anomalias ora negativas ora positivas de európio (Eu) de pequena a elevada amplitude (Eu/Eu^{*}[2] = 0,36 – 2,35).

[2] Eu/Eu* = Eu/((Sm + Gd)/2)

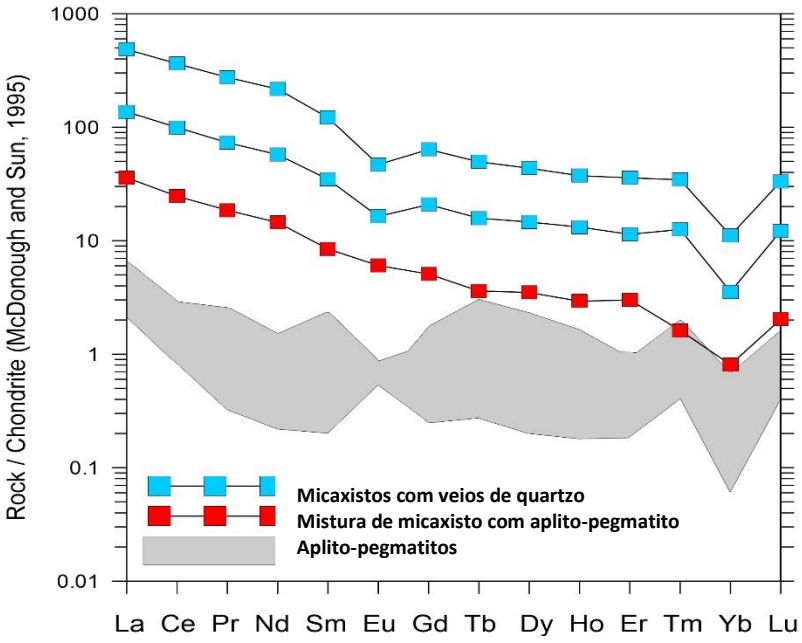


Figura 38 - Padrões de ETR obtidos em 40 amostras da sondagem (DD) LSR05

4. Passivo ambiental da Concessão da Mina do “Romano”

4.1. Histórico Mineiro

A área concessionada à Lusorecursos, denominada de “Romano”, foi no passado, durante períodos compreendidos antes e após a segunda grande guerra mundial (1939-1945) e outros que se presumem bem mais antigos, possivelmente do tempo da ocupação da Península Ibérica pelo Império Romano, alvo de exploração. Esses trabalhos mineiros decorreram, no que designa por antigo Couto Mineiro do Bessa, onde ocorreram explorações de concentrados de óxido de estanho – SnO_2 (cassiterite) e de óxido de tântalo – Ta_2O_5 (columbo-tantalite).

O contexto apresentado, está identificado e classificado pela DGEG (Direção Geral de Geologia e Energia) como minas abandonadas e com risco de segurança. No território, encontram-se várias cavidades/depressões topográficas que estão atualmente expostas e a que se associam a reconhecidas frentes de escavação, tendo em conta os diferentes documentos consultados, comprovados pela Figura 39 e Figura 40. Esses documentos consultados no Arquivo Distrital da Delegação Norte da DGEG na cidade do Porto, destacam, um plano de lavra contendo a descrição do método de exploração mineira e os respetivos mapas de galerias de extração para o período previsto de atividade das concessões de exploração de cassiterite e nióbio-tantalatos no século passado.

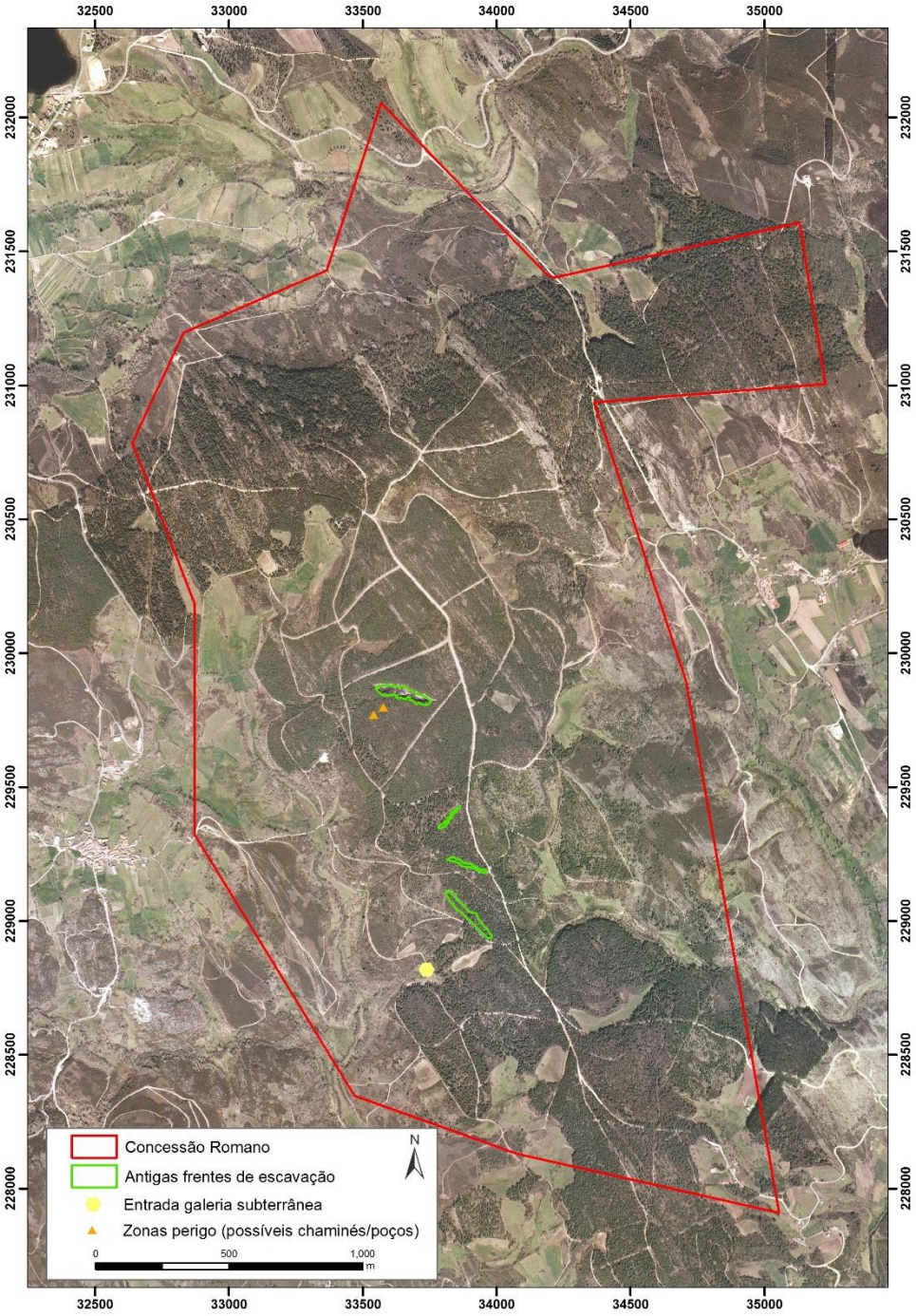
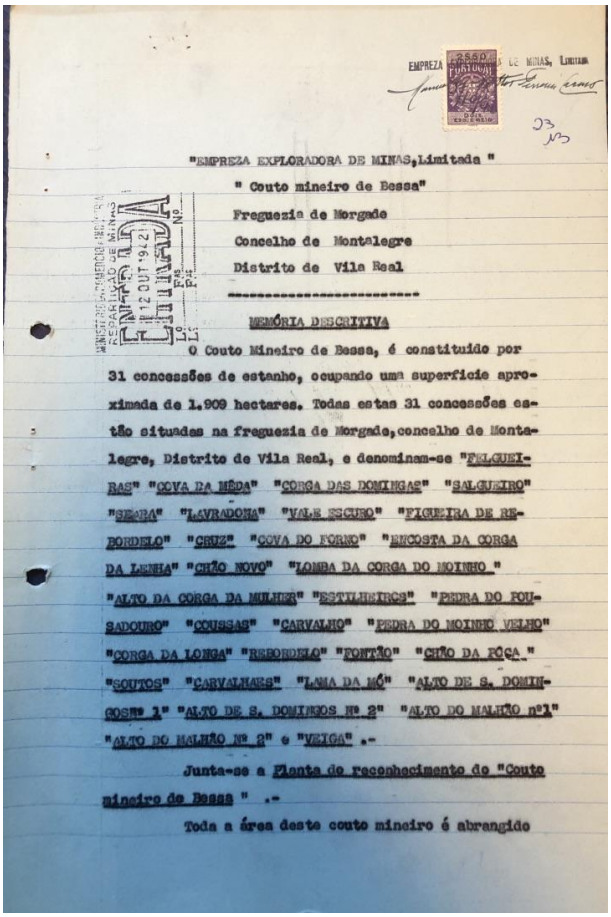


Figura 39 - Mapa das frentes de escavação de trabalhos mineiros antigos e outros testemunhos representativos

Os trabalhos extrativos que tiveram lugar no antigo Couto Mineiro de Bessa estão associados a um plano de lavra datado de 1947 reportando atividades desde o final da 1ª Guerra Mundial até ao ano de 1926 e até outros que remontam ao tempo da ocupação do Império Romano na Península Ibérica, como referido anteriormente. O plano de lavra comtempla a localização geográfica, vias de comunicação, cartografia geológica, formas de transporte dos minérios ao

longo das galerias subterrâneas até à superfície, a ventilação e iluminação, etc, ilustrado como exemplo uma dessas páginas na Figura 40.



"EMPREZA EXPLORADORA DE MINAS, Limitada "

" Couto mineiro de Bessa"

Freguezia de Morgade

Concelho de Montalegre

Distrito de Vila Real

MEMÓRIA DESCRITIVA

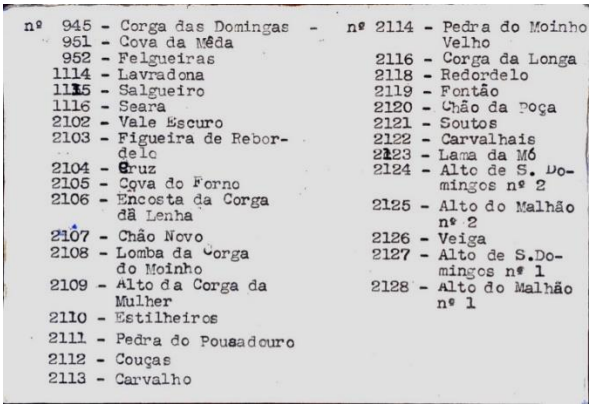
O Couto Mineiro de Bessa, é constituido por 31 concessões de estanho, ocupando uma superficie aproximada de 1.909 hectares. Todas estas 31 concessões estão situadas na freguezia de Morgade, concelho de Montalegre, Distrito de Vila Real, e denominam-se "FELGUEIRAS" "COVA DA MÉDA" "CORGA DAS DOMINGAS" "SALGUEIRO" "SEARA" "LAVRADONA" "VALE ESCURO" "FIGUEIRA DE REBORDELO" "CRUZ" "COVA DO FORNO" "ENCOSTA DA CORGA DA LENHA" "CHÃO NOVO" "LOMBA DA CORGA DO MOINHO " "ALTO DA CORGA DA MULHER" "ESTILHEIROS" "PEDRA DO POUSADOURO" "COUSSAS" "CARVALHO" "PEDRA DO MOINHO VELHO" "CORGA DA LONGA" "REBORDELO" "FONTÃO" "CHÃO DA POÇA " "SOUTOS" "CARVALHAES" "LAMA DA MÓ" "ALTO DE S. DOMINGOS Nº 1" "ALTO DE S. DOMINGOS Nº 2" "ALTO DO MALHÃO nº1" "ALTO DO MALHÃO Nº 2" e "VEIGA" .-

Junta-se a Planta do reconhecimento do "Couto mineiro de Bessa " .-

Toda a área deste couto mineiro é abrangido

Figura 40 - Memória descritiva de 1942 com referência às 31 concessões mineiras junto à freguesia de Morgade

Outros documentos datados de 1942 a 1945 referem outros trabalhos de índole mineiro junto da área de concessão atual da Lusorecursos. São referidas 31 concessões mineiras situadas na freguesia de Morgade, conforme impresso na Figura 41.



nº 945 - Corga das Domingas
951 - Cova da Mêda
952 - Felgueiras
1114 - Lavradona
1115 - Salgueiro
1116 - Seara
2102 - Vale Escuro
2103 - Figueira de Rebordelo
2104 - Cruz
2105 - Cova do Forno
2106 - Encosta da Corga da Lenha
2107 - Chão Novo
2108 - Lomba da Corga do Moinho
2109 - Alto da Corga da Mulher
2110 - Estilheiros
2111 - Pedra do Pousadouro
2112 - Couças
2113 - Carvalho
nº 2114 - Pedra do Moinho Velho
2116 - Corga da Longa
2118 - Redordelo
2119 - Fontão
2120 - Chão da Poça
2121 - Soutos
2122 - Carvalhais
2123 - Lama da Mó
2124 - Alto de S. Domingos nº 2
2125 - Alto do Malhão nº 2
2126 - Veiga
2127 - Alto de S.Domingos nº 1
2128 - Alto do Malhão nº 1

Figura 41 - Referência às concessões mineiras junto à freguesia de Morgade

Apresenta-se de seguida no Quadro 7, o registo das referidas concessões mineiras do "Couto Mineiro do Bessa", ordenadas cronologicamente das mais recentes para as mais antigas.

Quadro 7 - Quadro síntese das concessões existentes na área referida como "Couto Mineiro do Bessa"

Código	Nome	Mineralização	Registo	Código	Nome	Mineralização	Registo
2231	Morgade nº1	W - Sn	13-03-1947	2116	Corga da Lomba	Sn	06-01-1945
2232	Morgade nº2	W - Sn	13-03-1947	2107	Chão Novo	Sn	05-01-1945
CM45	Bessa	Sn	23-07-1946	2108	Lomba da Corga do Moinho	Sn	05-01-1945
2126	Veiga	Sn	10-01-1945	2109	Alto da Corga da Mulher	Sn	05-01-1945
2127	Alto de São Domingos nº1	Sn	10-01-1945	2110	Estilheiros	Sn	05-01-1945
2128	Alto do Malhão nº1	Sn	10-01-1945	2111	Pedra do Posadouro	Sn	05-01-1945
2121	Soutos	Sn	09-01-1945	2102	Vale escuro	Sn	04-01-1945
2122	Carvalhais	Sn	09-01-1945	2103	Figueira de Rebordelo	Sn	04-01-1945
2123	Lama da Mó	Sn	09-01-1945	2104	Cruz	Sn	04-01-1945
2124	Alto de São Domingos nº2	Sn	09-01-1945	2105	Cova do Forno	Sn	04-01-1945
2125	Alto do Malhão nº2	Sn	09-01-1945	2106	Encosta da Corga da Lenha	Sn	04-01-1945
2118	Rebordelo	Sn	08-01-1945	1114	Lavradona	Sn	05-04-1922
2119	Fontão	Sn	08-01-1945	1115	Salgueiro	Sn	05-04-1922
2120	Chão da Poça	Sn	08-01-1945	1116	Seara	Sn	05-04-1922
2112	Coussas	Sn	06-01-1945	952	Felgueiras	Sn	28-05-1920
2113	Carvalho	Sn	06-01-1945	951	Cova da Meda	Sn	27-05-1920
2114	Pedra do Moinho Velho	Sn	06-01-1945	945	Corga das Domingas	Sn	17-05-1920

Salienta-se ainda que na concessão mineira da Lusorecursos, resultante dos trabalhos de lavra do passado, existem algumas escombreiras presentes e de dimensão considerável, comprovado pela Figura 42 e Figura 43. Encontram-se documentadas pelo trabalho de campo, no qual se executou a delimitação das mesmas, assim como, uma estimativa de altura das mesmas. Assim, definiram-se métodos preliminares para averiguação da dimensão das mesmas. A metodologia utilizada consistiu no reconhecimento em campo dos limites da escombreira e da demarcação dos pontos com o GPS de precisão (Trimble). Após esta etapa, os dados de GPS foram inseridos na plataforma SIG (ArcMap) para delimitar a área do depósito da escombreira.

Para o principal depósito (escombreira A) foram introduzidos dois polígonos correspondentes às áreas, sendo uma estimativa mais realista e outra mais optimista. A estimativa mais realista levou em consideração a demarcação em campo, enquanto a suposição mais optimista considerou a delimitação da escombreira, após fotointerpretação das imagens de satélite. Faz-se uma ressalva, que para esta correlação mais optimista, pois na imagem aérea existem vários pontos que se assemelham ao aspeto esbranquiçado comparável com o material da escombreira, sendo que estes podem ocorrer de forma pontual devido ao transporte eólico e hídrico dos materiais em causa, não correspondendo à escombreira real (Fig. 37).

Em relação aos outros depósitos, escombreira B e C, não houve diferença entre os valores estimados em campo com a geometria dos depósitos determinados através de imagens de satélites. Desta maneira, os valores estimados em campo foram mantidos (Figs. 38 e 39).

Figura 42 - Antiga escombreira presente na concessão

Figura 43 - Antiga escombreira presente de estéril na concessão

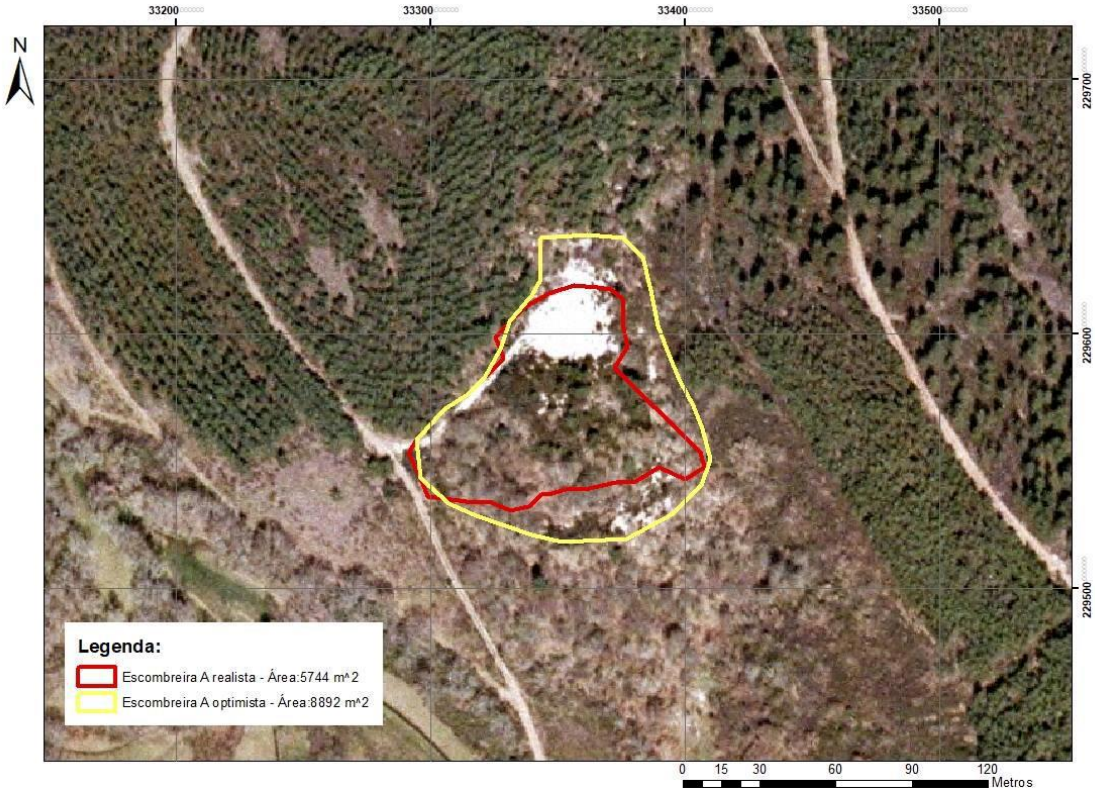


Figura 44 - Delimitação escombreira A

Figura 45 - Delimitação escombreira B

Figura 46 - Delimitação escombreira C

A fim de estabelecer o volume dos depósitos é necessário determinar os valores de espessura (profundidade). Estes poderão ser determinados com métodos diretos ou indiretos, como por exemplo sondagens ou investigação geofísica. Entretanto, para todos os efeitos, de acordo com estimativas da espessura da escombreira, baseadas nos trabalhos de campo desenvolvidos pela equipa definiu-se as seguintes espessuras: de 5 m, 7,5 m, e 10 m.

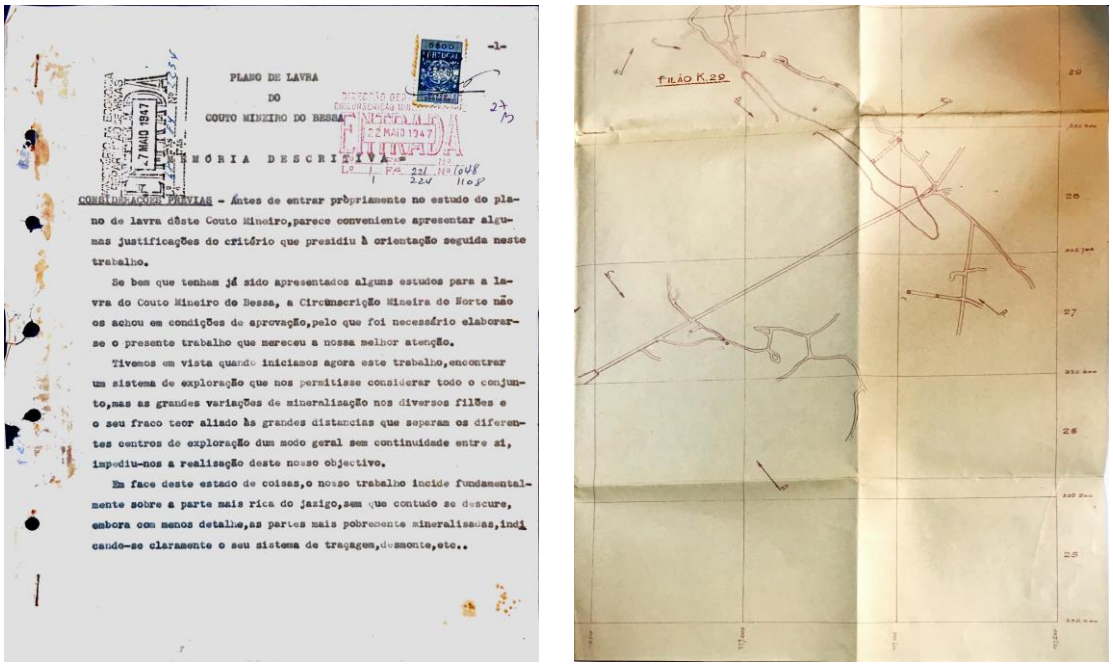
Para estimar a massa em toneladas dos depósitos assumiu-se que as densidades dos materiais provenientes das escombreiras apresentam valor aproximado de 2,65 ton/m³, tratando-se de uma média entre os valores de densidade da principal mineralogia que o constitui, sendo assim: quartzo, feldspatos e moscovites.

Estas estimativas são apresentadas no Quadro 8:

Quadro 8 - Estimativa das volumetrias das escombreiras passadas resultantes dos trabalhos de exploração do antigo Couto Mineiro do Bessa

Estimativa Volume e Massa	5 m		7,5 m		10 m	
	Volume (m³)	Massa (ton)	Volume (m³)	Massa (ton)	Volume (m³)	Massa (ton)
Escombreira A realista	28720	76108	43080	114162	57440	152216
Escombreira A otimista	44460	117819	66690	176729	88920	235638
Escombreira B	1720	4558	2580	6837	3440	9116
Escombreira C	2545	6744	3817	10116	5090	13489

Os relatórios produzidos no âmbito do Couto Mineiro de Bessa mencionam a existência de uma galeria à cota de 900 m e que, em trabalhos futuros, quando fosse atingida essa profundidade, os trabalhos subterrâneos seguiriam até 200 m abaixo, ou seja, até à cota de 700 m. Contudo, não existe uma confirmação efetiva da consumação dessa lavra em toda a documentação consultada, sendo sugestivo que, até ao momento, foi tida como uma mera intenção.



PLANO DE LAVRA
DO
COUTO MINEIRO DO BESSA

MÓRIA DESCRITIVA.-

CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS - Ántes de entrar propriamente no estudo do plano de lavra dêste Couto Mineiro, parece conveniente apresentar algumas justificações do critério que presidiu à orientação seguida neste trabalho.

Se bem que tenham já sido apresentados alguns estudos para a lavra do Couto Mineiro de Bessa, a Circunscrição Mineira do Norte não os achou em condições de aprovação, pelo que foi necessário elaborar-se o presente trabalho que mereceu a nossa melhor atenção.

Tivemos em vista quando iniciamos agora este trabalho, encontrar um sistema de exploração que nos permitisse considerar todo o conjunto, mas as grandes variações de mineralisação nos diversos filões e o seu fraco teor aliado às grandes distancias que separam os diferentes centros de exploração dum modo geral sem continuidade entre si, impediu-nos a realização deste nosso objectivo.

Em face deste estado de coisas, o nosso trabalho incide fundamentalmente sobre a parte mais rica do jazigo, sem que contudo se descure, embora com menos detalhe, as partes mais pobremente mineralisadas, indicando-se claramente o seu sistema de trabagem, desmonte, etc..

FILÃO K.29

Figura 47 - Exemplos dos documentos consultados no Arquivo Distrital da DGEG

É conhecida a existência de antigas galerias na atual área da concessão "Romano" conforme é possível verificar na Figura 48. Como forma descritiva e de enquadramento, explana-se de forma síntese alguns dos trabalhos mineiros explícitos no plano de lavra sob consulta. As galerias, tanto transversais como longitudinais relativamente aos principais corpos filonianos, estão descritas por apresentarem um formato trapezoidal com 1,80 m de base e altura. Já as duas chaminés referidas exibem um formato retangular de 1,00 x 0,90 m. Uma serviria os propósitos de circulação de trabalhadores e a outra para circulação de material desagregado.

Figura 48 - Entrada de galeria antiga situada na concessão "Romano"

O poço, com uma secção retangular de 4,00 x 2,00 m, encontrava-se dividido em três partes em que uma primeira parte, a jaula, ocupava a maior dimensão com 2,00 x 1,90m, seguindo-se a segunda parte com 2,00 x 1,00 m onde serviria para a instalação de escadas de acesso e tubarias de ventilação e esgotos. A terceira e última parte servia única e exclusivamente para a circulação do contrapeso da jaula e tinha aproximadamente 2,00 x 0,40 m. Esta infraestrutura foi realizada com um simples cavalete de madeira e um pequeno guincho com o objetivo de operar em terreno firme deixando sempre maciços de proteção para segurança.

Descrevem-se de seguida, também o que poderá ser discriminado como chaminés de ventilação presentes na concessão do Romano, que são indicativo de trabalhos de em mina subterrânea. Essas infraestruturas, atualmente representam um perigo iminente, não sabendo quais as condições e dimensões das mesmas. Refere-se a existência de duas chaminés identificadas que distam entre si de cerca de 20 m e localizam a cerca de 170 m da principal depressão expressa na concessão denominada de "Romano", representados pela Figura 49 e Figura 50. Menciona-se ainda que, existem algumas infraestruturas localizadas na vizinhança, que aparentam ser essencialmente para concentração dos minerais extraídos no passado. Assim, após a extração

do minério através destes poços ou chaminés de ventilação, não sendo possível discriminar com precisão, o material seria beneficiado ali próximo.

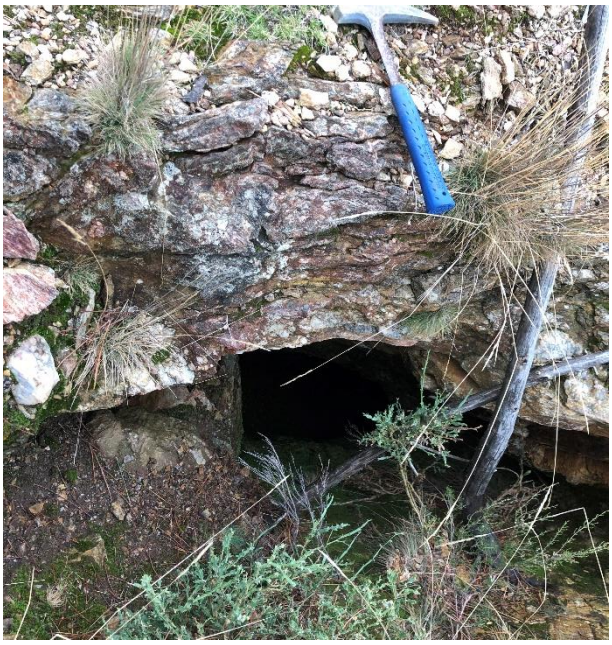


Figura 49 - Entrada de chaminé/poço antiga/o situada na concessão "Romano"

Figura 50 - Entrada de chaminé/poço antiga/o situada na concessão "Romano"

No mapa abaixo da Figura 51, apresentam-se as galerias e acessos que constam na DGEG na forma de mapas elaborados à mão, cartografados num sistema de referência agora obsoleto denominado de Bessel-Bonne, *Datum* Lisboa. Foram então convertidos para o sistema atual *ETRS*89-PT/TM06 e redesenhadas todas as estruturas existentes nos mapas consultados, de modo a direcionar e tirar melhor proveito da campanha de prospeção geofísica prevista, que

contribuirá em muito para o detalhe de conhecimento sobre a efetiva localização dessas mesmas cavidades e galerias.

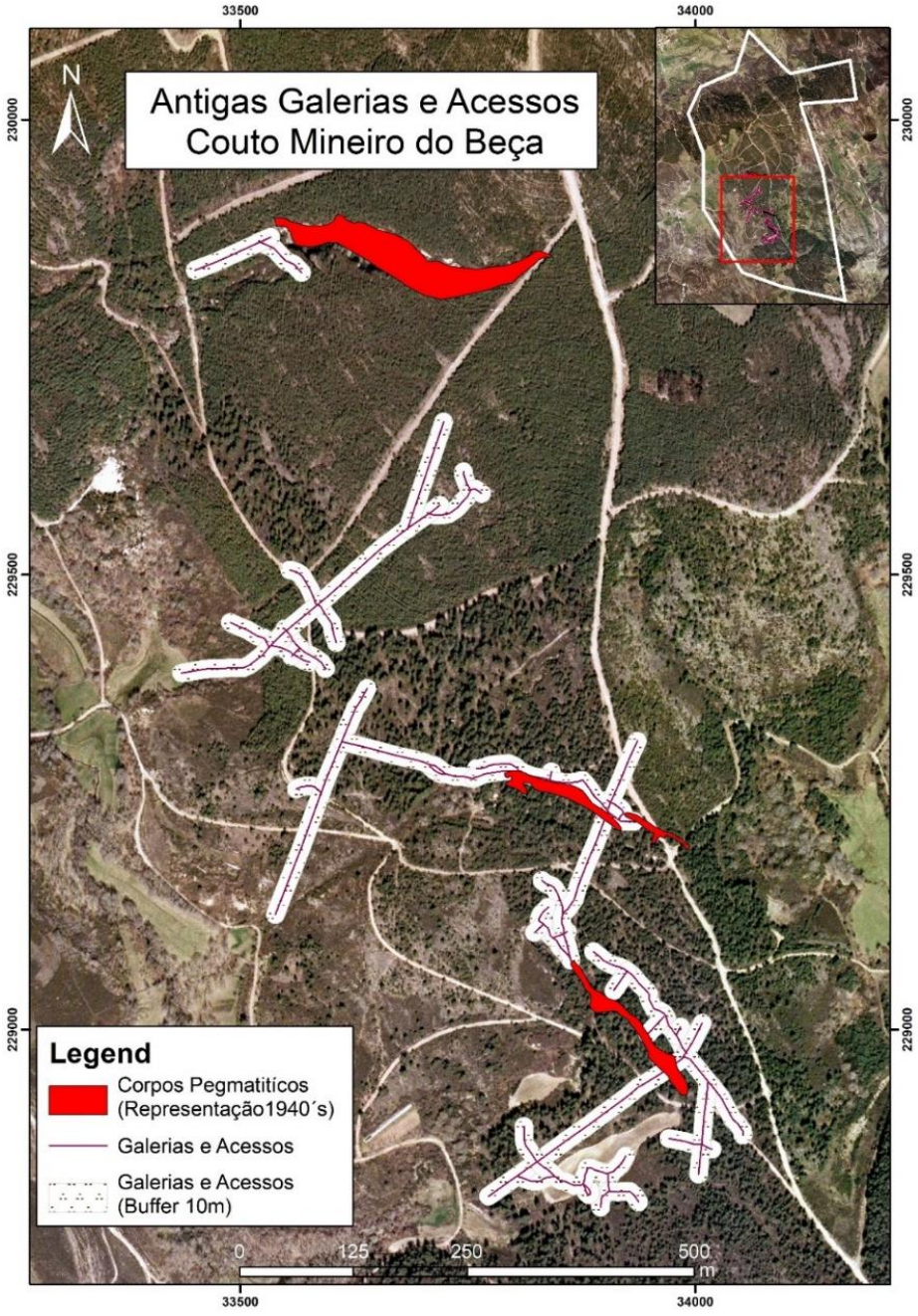


Figura 51 - Mapa de antigas galerias e acessos na concessão "Romano". Sistema de coordenadas: PT-TM06-ETRS89

4.2. Passivo ambiental

Na sequência da identificação dos passivos ambientais presentes na Concessão, esta descrição surge como uma das áreas estratégicas de atuação eminente pela Lusorecursos, sendo proposto objetivos de requalificação das áreas afetadas, entre as quais se pretende a valorização e a gestão de áreas ambientalmente críticas no território. O conceito de passivo ambiental em sentido lato, ao longo dos últimos anos, tem sido relatado como o conjunto de todas as obrigações que os proponentes têm para com o meio ambiental e o estado de *situ*, antes de qualquer intervenção. Essas obrigações ambientais, nos séculos passados eram inexistentes ou ainda sem rigor ou controlo por parte das entidades reguladoras. Esses passivos ambientais são amplamente conhecidos pela sua conotação extremamente negativa, principalmente ao nível social.

Como relatado anteriormente, como resultado das explorações do passado Couto Mineiro do Bessa, onde ocorreu principalmente a exploração de minerais metálicos, existem evidências de extração que perduram até à atualidade. Alguns desses testemunhos de exploração são frentes de escavação, em representação pela Figura 52, Figura 53 e Figura 54, que para além de paisagisticamente representarem conceitos negativos da indústria extrativa, retratam também um perigo no que diz respeito à segurança nas respetivas áreas. Assim, e com base no referido acima, a obrigação de recuperação no século passado, era inexistente, o que nos dias ocorrentes não se sucede. Essas principais frentes de escavação são detalhadamente descritas abaixo, sendo enumeradas de 1 a 4 segundo a sua localização de norte para sul, conforme Figura 52.

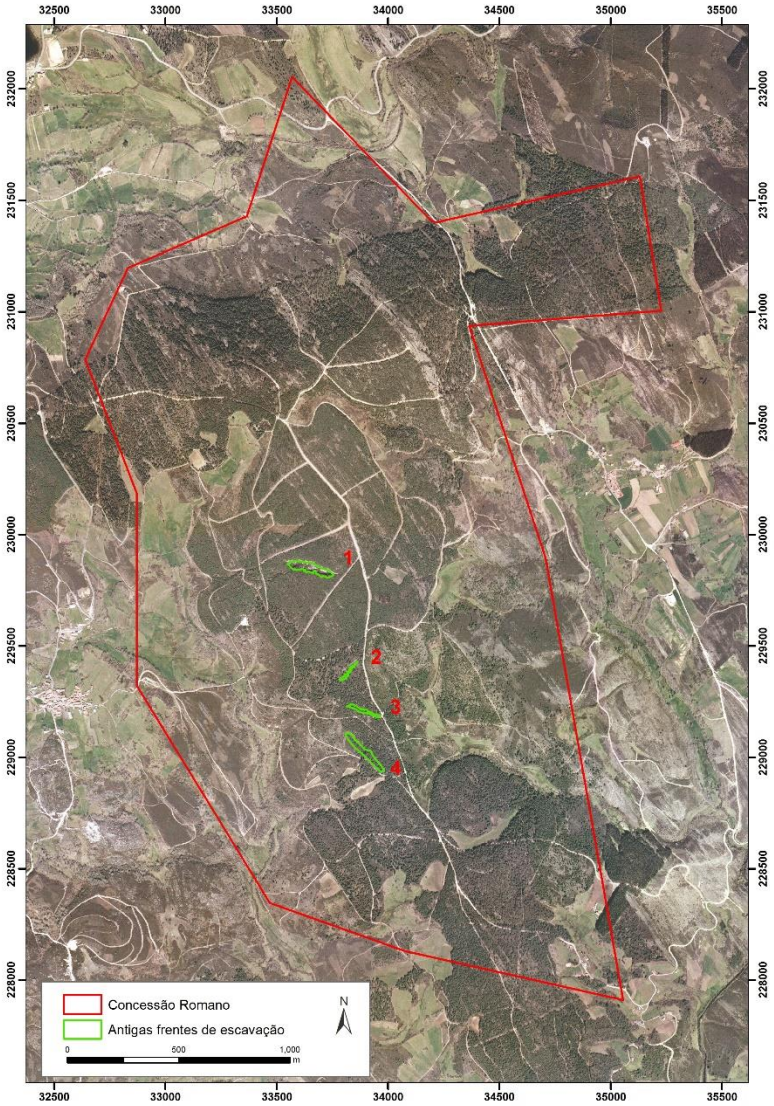


Figura 52 - Preenchimento digital da cavidade para cálculo de volumetria da depressão topográfica

Figura 53 - Vista inclinada da frente de escavação direcionada a Norte da cavidade 1

Figura 54 - Vista de cima, direcionada a Norte da depressão topográfica da cavidade 1

Posto isto, segue-se uma descrição do passivo ambiental configurado na concessão "Romano" da Lusorecursos. De referir ainda que, com a pretensão de continuidade dos trabalhos a desenvolver, é imprescindível explicitar e discriminar os trabalhos passados resultantes da exploração do Couto Mineiro do Bessa. Para isso, mais do que a consulta dos documentos e mapas consultados no Arquivo Distrital da Delegação Norte da DGEG, foi realizado um trabalho

de levantamentos aerofotográficos com recurso a um RPAS – "*Remoted Piloted Aircraft Systems* ", mais vulgarmente conhecido por "Drone", onde seguidamente se processam as imagens em software específico. O processamento de imagens efetuado, permite através de modulação em 3 D, obter a altimetria detalhada e assim, consegue-se realizar cálculos com valores precisos para a volumetria total das áreas em estudo.

A cavidade/depressão topográfica principal e numerada como 1 na Figura 52, apresenta uma dimensão de 244,78 m de comprimento, sendo que a largura varia ao longo do eixo longitudinal, sendo máxima no seu centro com 55,09 metros e vai estreitando conforme o deslocamento para as suas extremidades, com larguras obtidas de 37,20 e 47,75 m e uma profundidade média de cerca de 15,68 m. As particulares dimensões expressas, dão origem a uma área superficial de 19 677,5 m^2 e um volume de preenchimento de cerca de 72 564,5 m^3 (Figs. 49 e 50).

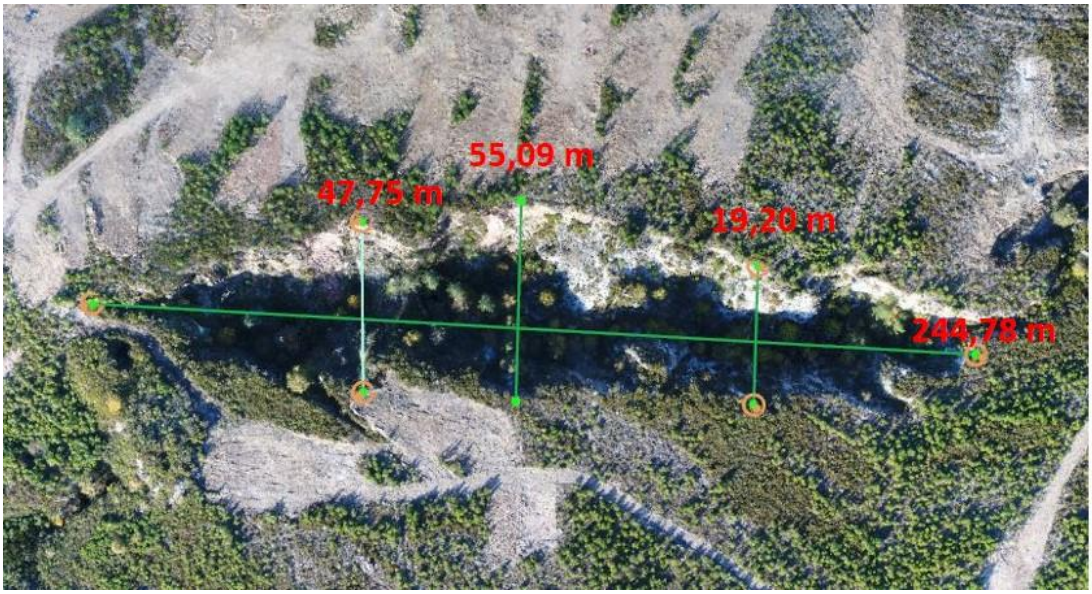


Figura 55 - Representação gráfica da estimativa das dimensões ao longo da secção longitudinal da frente de escavação

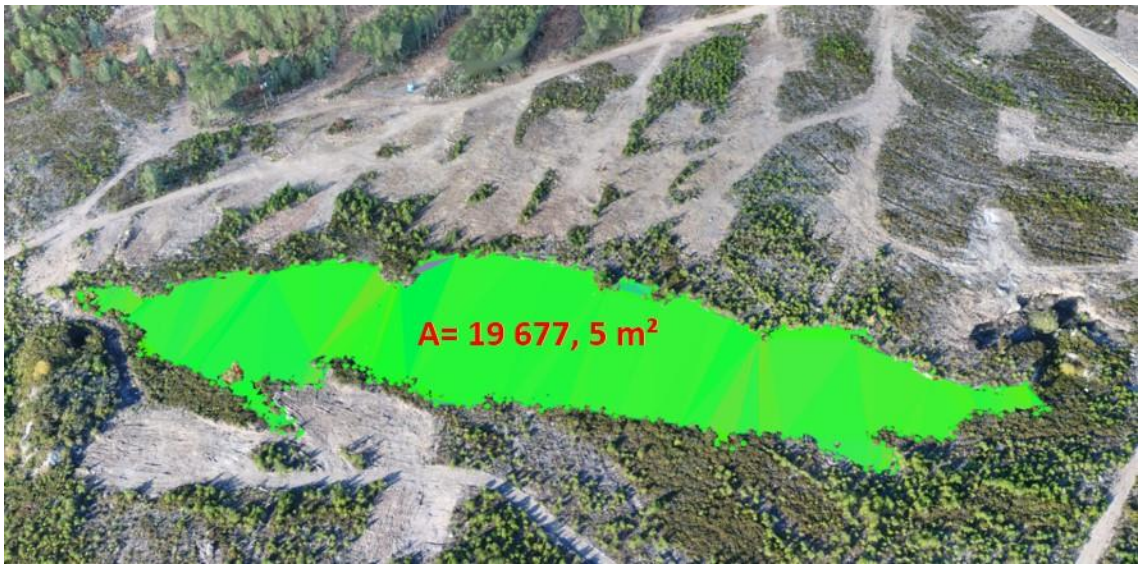


Figura 56 - Área da superfície da frente de escavação

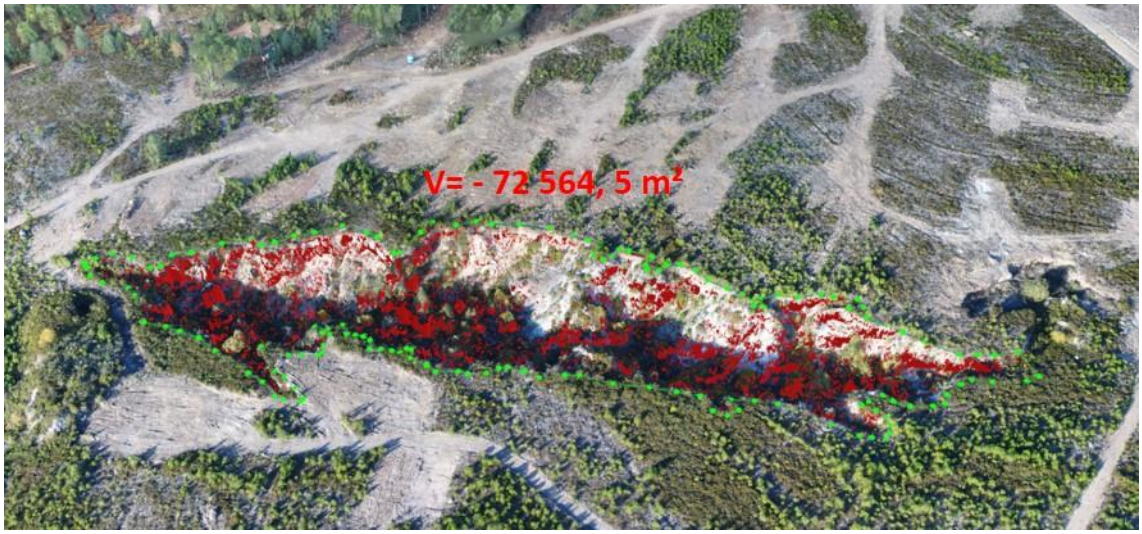


Figura 57 - Preenchimento digital da cavidade para cálculo de volumetria da depressão topográfica

Relativamente às outras cavidades/depressões topográficas de menor expressão são sumarizadas em termos de dimensão e área superficial no Quadro 9.

Quadro 9 - Estimativa das volumetrias das cavidades de exploração resultantes dos trabalhos de exploração do antigo Couto Mineiro do Bessa

Nº cavidade	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m^2)	Volume (m^3)
1	33 - 55	245	19 668	- 72 565
2	15	114	918	-
3	20	156	1694	-
4	35	240	5784	-

De facto, as cavidades expostas são a maior expressão do histórico mineiro associado ao passivo ambiental que permanece por recuperar, por outro lado, outras atividades paralelas carecem de preocupação, como por exemplo, as atividades aí desenvolvidas associadas a riscos de instabilidade dos terrenos e possíveis acidentes, assim como, a própria gestão florestal terá sido desprezada, não havendo qualquer tipo de intervenção nestas áreas. Em causa, a Lusorecursos pretende também efetuar uma recuperação da zona florestal com o devido planeamento e organização da floresta na envolvente não só da exploração, mas também do território.

Com todos estes factos supramencionados, a exploração a céu aberto que a Lusorecursos tenciona executar, para além do aproveitamento do minério que se localiza em níveis mais superficiais, como bom princípio do aproveitamento de um jazigo mineral, será dada uma extrema importância aos fatores de segurança dos trabalhos futuros. Assim sendo, para além do fator económico, associa-se um fator ambiental de recuperação de uma área extrativa passada, onde existem cavidades expostas e é feita a menção de trabalhos subterrâneos de profundidade. Com a existência de maquinaria de exploração e trabalhadores, a executarem trabalhos de desmonte, entende-se que, os terrenos outrora explorados, não estejam estabilizados (ou seja, *in situ*), sendo efetivamente mais seguro, a realização de obras de estabilização desses mesmos terrenos, para que os futuros trabalhos a jusante, da mina subterrânea, ocorram também de acordo com as melhores práticas de segurança.

Em alusão ao decreto-lei em vigor, DL Nº 30/2021 de 7 de maio de 2021, de facto, com o conceito de "*remining*", a Lusorecursos, na medida do possível, compromete-se a extrair com benefícios económicos, exploração pré-existentes e desativadas, como as antigas explorações do Couto Mineiro do Bessa, contribuindo assim, para a eliminação de passivos ambientais.

5. Prospeção e pesquisa

No âmbito do anterior Contrato de Prospeção e Pesquisa MN/PP/046/12 denominado de "Sepeda" que decorreu entre 7 dezembro de 2012 e 2017 e que precedeu o atual Contrato de Concessão de Exploração C-152 "Romano" assinado em 28 de março de 2019, a Lusorecursos desenvolveu uma série de trabalhos de investigação, desde levantamentos de campo de carácter geológico-estrutural a sondagens mecânicas, passando por levantamentos geofísicos preliminares entre outros.

Durante os anos de 2016 e 2017 a Lusorecursos realizou uma série de campanhas de sondagens direcionada essencialmente ao já reconhecido corpo principal ou filão central do bloco A da atual concessão, também designado como filão "Romano", sobre o qual ainda persiste uma antiga corta que foi lavrada para se obterem concentrados de cassiterite e tântalo-columbite no passado (no antigo Couto Mineiro de Bessa, situado nas freguesias de Morgade em Montalegre e Beça em Boticas e pelo Império Romano). Durante esse mesmo ano foram realizadas várias sondagens de circulação inversa – RC (a grande maioria) e com recuperação de testemunho – DD que intercetaram várias zonas mineralizadas com teores altos em lítio e estanho.

6. Cálculo de reservas

Os principais resultados dos trabalhos realizados pela Lusorecursos durante o período de Prospeção e Pesquisa MN/PP/046/12 "Sepeda" foram reportados e validados pela DGEG na forma de relatórios técnicos. A Lusorecursos, a partir dos dados obtidos durante a prospeção e pesquisa, reportou recursos minerais de lítio com base na morfologia do depósito aplito-pegmatítico litinífero, resultantes da interpretação de perfis transversais e plantas de nível em que blocos delimitados por perfis adjacentes, usando os dados analíticos das sondagens de cada perfil, proporcionaram a determinação de um teor de Li_2O e respetiva tonelagem, assumindo-se um teor de corte económico (e não mineiro) de 0,3% de Li_2O e uma densidade de 2,4 (densidade da petalite e não da rocha LCT), reportado no Quadro 10.

Refere-se que foram apresentados enquanto concessão de "Sepeda", à luz do recurso total estimado nos relatórios técnicos validados de 15,6 Mton e para lá da reserva mineira aí contida, os indicadores de prospeção e pesquisa apontam para a concessão atual "Romanouma zona alvo ("*exploration target*"), ao longo de um eixo no setor sul do bloco A da concessão com cerca de 3 x 1km, em que se venha a duplicar os recursos totais estimados de 15,6 Mton @ 1,09% Li_2O, para a hipótese de um total de 30 Mton com teores de cerca de 1,0% Li_2O para a concessão. A geometria do jazigo só é fidedigna e exata com o progressivo aumento de conhecimento que vai sendo adquirido e da evolução do grau de confiança, que, por sua vez, está diretamente relacionado com a densidade de informação da cartografia geológica e estrutural, amostragem, sondagens, dados analíticos, petrografia e geoquímica, que vai sendo adquirida de acordo com os procedimentos estabelecidos no sistema JORC.

Quadro 10 - Avaliação de recursos da concessão "SEPEDA"

	Quantidade (Mton@%Li_2O)
Recurso Total Atual	15,6 Mton@1,09%Li_2O
Recurso Indicado	7,2 Mton@1,28%Li_2O
Recurso Inferido	8,4 Mton@0,93%Li_2O

Considerando o atual estado de conhecimento geológico do jazigo "Romano", para atingir esse "*target*" de 30 Mton de recurso pegmatítico com teor de aproximadamente 1% de Li_2O, em que a petalite responde por mais de 90% da moda, a Lusorecursos pretende, ao longo da próxima década, realizar e dar continuidade aos trabalhos de prospeção e pesquisa já efetuados. Estes visam essencialmente densificar a informação já existente e, com isso, poder contribuir para

melhorar o grau de conhecimento e certeza sobre o jazigo mineral, nomeadamente a respeito dos valores das reservas e recursos, o grau de confiabilidade nas estimativas sobre diversos fatores (*e.g.* recuperações e diluições), nas melhores opções sobre métodos de exploração, processamento e tratamento mineralúrgico e hidrometalúrgico e, consequentemente, melhor antecipar eventuais riscos e impactes dos mesmos, de modo a poder confirmar opções, determinar cenários/vias alternativas e/ou necessárias medidas de mitigação adequadas e eficazes.

A Lusorecursos propôs-se a realizar uma atualização dos recursos minerais e melhorar a informação (e.g. geoestatítica, base de dados, modelo geológico com "cut-off" mineiro entre os aspetos de natureza gráfica) respeitante aos recursos litiníferos e estaníferos do jazigo mineral concessionado durante a vigência da concessão "Romano" e independentemente dos recursos anteriormente reportados no âmbito da concessão "Sepeda". Para isso, e para o efeito, foi adjudicada uma proposta para um trabalho de consultoria de modelação geoestatística-geológica, à empresa Datamine International Ltd. ("Datamine"). Esta é uma reputada empresa internacional de prestação de serviços para o setor mineiro nas mais variadas valências, sendo líder mundial em software geológico-mineiro e tecnologias de planeamento e gestão de operações mineiras. Com representação em 18 países, a Datamine fornece serviços a nível global, que vão desde a prospeção, modelação de recursos geológicos, planeamento mineiro e de operações, logística, marketing bem como serviços de implementação, formação e consultoria, o que para a Lusorecursos constituiu uma garantia de obter apoio e suporte rigoroso, fiável e de qualidade, contribuindo assim para assegurar todo o valor do seu investimento. Com isto, a Lusorecursos estabeleceu uma relação contratual com a Datamine, para uma prestação de diversos serviços, mais precisamente, a validação da base de dados de sondagens mecânicas, a modelação geológica e a interpolação de teores para os recursos de lítio e estanho.

Os trabalhos de avaliação de recursos foram conduzidos entre os dias 8 de novembro e 13 de dezembro de 2019 nos escritórios da Datamine em Reading, Reino Unido, pelos consultores Eduardo Yamamoto (Geologia), Paulo Maurício Dias (Geoestatística).

O conjunto de dados inicial é composto por 121 furos de sondagem (circulação inversa na sua grande maioria e outros diamantados ou carotados), compondo um total de 19 827,20 metros perfurados. O total de amostras originais é de 2 614 unidades. Os furos têm profundidades entre os 36 m e os 494,9 m na área principal da mineralização. Quando não verticais, são geralmente inclinados entre -50 a -80 graus e as direções na porção central do depósito são

perpendiculares à atitude ou “strike” geral do corpo principal, sendo na sua grande maioria para S e SSW.

Portanto, com os dados fornecidos, a Datamine validou e preparou uma nova base de dados compilada com os arquivos originais de sondagem e as informações contidas nos relatórios semestrais de prospeção e pesquisa enviados pela Lusorecursos à DGEG no âmbito do contrato “Sepeda”.

A base de dados de sondagem final utilizada neste trabalho é composta por 117 furos, compondo um total de 2 614 amostras. Para a modelação geológica, 4 furos foram desconsiderados pela ausência de informação suficiente para os propósitos do trabalho.

A base de dados original de sondagens utilizada pela Datamine neste trabalho foi fornecida pela Lusorecursos em formato CSV (“*Comma Separated Values*”) e é constituída pelas tabelas:

- *Collar* (localização dos furos);
- *Survey* (direção e inclinação dos furos);
- *Geology* (intervalos litológicos);
- *Assay* (amostras e resultados químicos analíticos).

Salienta-se ainda que, os dados de sondagem originais não possuíam a informação completa, i.e., estavam omissos os dados referentes ao desvio das sondagens realizados. Nesse sentido, como trata-se de um corpo geológico heterogéneo e não podendo aferir os desvios das sondagens, o cálculo das reservas mensurados pela Datamine recebem a nomenclatura de recursos prováveis ou na terminologia inglesa designado como “total estimated resource (non-categorised)”. Os técnicos especializados da Datamine referem que, devido à confiabilidade dos dados geológicos (principalmente dados das sondagens), não existem recursos minerais para o depósito “Romano” que cumpram os requisitos dos códigos internacionais de mineração. Nesse caso, os recursos devem ser considerados apenas como “potential resources”, para qualquer relatório público, o qual se atribui a designação de reserva provável.

Embora a maioria dos furos de sondagem sejam furos inclinados, não há dados de levantamento relativos ao posicionamento do fundo da sondagem. De acordo com relatórios públicos da empresa Dakota Minerals, os dados foram adquiridos com recurso a um equipamento de giroscópio Reflex. Porém, os dados permanecem omissos perante a Lusorecursos, que à data de execução dos trabalhos de prospeção tinha uma parceria estabelecida com a entidade referida.

Averiguando os trechos verticais e planos horizontais disponíveis em relatórios públicos, é possível reconhecer que alguns furos de sondagem inclinados apresentam um desvio significativo (vertical e horizontal), principalmente as sondagens mais longas. Como referido, os dados de desvio de sondagem são cruciais para modelação e estimativa geológica certificada. Como os dados originais não estariam disponíveis, para a realização deste estudo, para a maioria dos furos de sondagem, a Datamine usou a direção e inclinação fornecidas pela Lusorecursos, e usou os planos horizontais e seções verticais dos relatórios públicos da empresa que estabeleceu um acordo com a Lusorecursos, para recriar os desvios de furos de sondagens usando ferramentas geoestatísticas de previsão de desvio do Studio RM. Assim, apesar da possibilidade de recriar o desvio destes mesmos furos, estes dados contribuíram para uma interpretação da zona mineralizada, mas não substitui os dados adquiridos acerca do desvio das sondagens efetuados aquando dos trabalhos de prospeção, e por isso, não se pode afirmar como recursos medidos.

Após a validação dos dados de sondagem, os arquivos foram importados para o software de modelação Datamine Studio RM e os furos criados em ambiente 3D. Com a utilização das ferramentas de preparação de dados para a modelação implícita do Studio RM as intersecções do envelope mineralizado do minério de 0,3% de Li_2O foram marcadas manualmente como minério nos furos positivos e definidas 9 Zonas, Z1 a Z7 no corpo principal ou “Romano” e Z8 e Z9 a sul do mesmo, na referida área potencial para prospeção e pesquisa nos próximos anos.

Foram utilizados diversos variogramas aplicados aos valores de Li_2O, Fe_2O_3 e Sn, eliminando a influência dos altos teores. Os teores de Li_2O, Sn e Fe_2O_3 foram estimados por krigagem ordinária (*ordinary kriging* -OK). Por outro lado, outros teores como SiO_2, Al_2O_3, Ta, Be, Rb e Cs foram estimados por IPD (*Inverse power of distance*).

6.1. Descrição corpo geológico

As rochas pegmatíticas que albergam o minério encontram-se hospedadas em uma unidade de rochas metassedimentares com orientação noroeste, geralmente de inclinação abrupta. Esta sequência metassedimentar é intensamente dobrada, com uma forte foliação axial.

Os pegmatitos são dobrados em dobras abertas a apertadas, ligeiramente reclinadas a verticais, com pegmatito mais espesso comumente desenvolvido nas dobras dos anticlinais. Alguns corpos pegmatíticos maiores, como o do “Romano” encontra-se menos dobrados. O corpo principal denominado de “Romano” tem uma direção entre 30º a 60º para WNW (Oeste- Nordeste) e

uma inclinação de 50º a 90º para o NNE (Norte- Nordeste). Outras pequenas intrusões de pegmatito apresentam direções NNW-SSE na área de Romano. As intrusões pegmatíticas geralmente apresentam uma ondulação suave que pode ser resultado de alguma força tectônica rúptil-dúctil afetando a área de Romano, no caso específico, um corredor milonítico afeta fortemente a área de concessão e por isso mesmo, as rochas pegmatíticas apresentam esses indícios.

A prospeção dos corpos pegmatíticos indica interseções de aproximadamente 80 m x 50 m orientada para 200º em pegmatitos da concessão do "Romano", que resultam em espessuras significativas (até 60 m de largura real) de pegmatito com petalite como principal minério. O corpo mineralizado é de granularidade média a grosseira e estendendo-se por aproximadamente 800 m de Este a Oeste. O pegmatito mineralizado mais profundo intercetado por furos de sondagem está a cerca de 450 m de profundidade relativamente à superfície.

6.2. Litologia e Assay (amostras e resultados geoquímicos)

O registo litológico ou geológico original dos furos de sondagem não está disponível e a informação do intervalo litológico recebida pela Datamine foi determinada pela Lusorecursos com base nos resultados geoquímicos do ensaio através de um algoritmo que permite distinguir as diferentes litologias com base principalmente nos valores em análise de SiO_2, AL_2O_3, Fe_2O_3, que dão fortes indicações para diferenciação litológica. Existem três litotipos descritos para este conjunto de dados:

- APEG - aplito-pegmatitos (principalmente tipo LCT com Li - petalite e Sn – minerais de cassiterite);
- MSC - micaxisto (rocha hospedeira);
- MIX - rocha mista/contacto (assinaturas geoquímicas combinadas do micaxisto e aplito-pegmatito LCT).

A Datamine criou os códigos acima e usou a classificação litoquímica para gerar os furos de sondagem no Studio RM. Os intervalos litológicos, neste caso, foram usados apenas para orientar a modelagem geológica. O envelope de minério foi criado usando classes. O conjunto de dados original recebido pela Datamine contém 2 614 amostras. As amostras foram coletadas através dos dados das sondagens RC (*reverse circulation*) e de DD (*diamond drilling*) a cada metro na maioria dos casos e enviadas aos laboratórios para preparo e análises químicas. As

amostras dos furos de diamante não estão continuamente com intervalo de 1,0 m e parecem ter sido quebradas nos limites litológicos. No entanto, não há registos litológicos originais para validar este facto. Os laboratórios analisados as amostras para um espectro de 10 elementos (Cs, Be, Ta, Sn, Rb, Li_2O, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 e K_2O) pelos métodos FRX e ICP-MS. Alguns valores de zero, que possivelmente são relatados como abaixo do limite de deteção analítico pelo laboratório, foram encontrados, mas não corrigidos, pois os certificados originais do laboratório não estão disponíveis, não havendo acesso a nenhum certificado laboratorial original nem até acesso aos dados de QA/QC, portanto não foi possível validar a qualidade dos resultados dos ensaios.

Nesse mesmo seguimento, sabe-se, no entanto, que foi executado um programa de QA/QC pela Dakota Minerals, mas os dados ou qualquer relatório não foram fornecidos à Lusorecursos. Para além da informação omissa relatada previamente, a Lusorecursos também não recebeu da Dakota Minerals, os dados de ensaio de alguns furos específicos, especialmente os das sondagens diamantadas (DD). Alguns deles eram sondagens replicadas "gêmeas", perfuradas perto de sondagens RC mineralizadas e tinham a finalidade de serem precedidas para executar testes metalúrgicos. Não se sabe se eles foram analisados para ensaios de rotina ou se todas as amostras foram coletadas apenas para testes metalúrgicos.

Para alguns furos, a Lusorecursos não teve os resultados dos ensaios disponíveis, mas foi possível reconhecer que eles possuíam interseções mineralizadas conforme declarado nos relatórios públicos da Dakota Minerals. As interseções nesses casos foram consideradas para o banco de dados para referência apenas para a modelação do minério. Mesmo assim, as notas não foram usadas para a estimativa e não há registo de deformação, registo geotécnico ou medições de densidade disponíveis para este conjunto de dados.

6.3. Conjunto de dados validados

O conjunto de dados final validado usado para a modelação geológica 3D e estimativa de teores tem cerca de apenas 95 furos de sondagem, dos quais 26 furos de sondagem foram removidos do banco de dados de modelação devido aos motivos abaixo explanados:

1) Furos de sondagem com confiança de dados muito baixa, como discrepâncias na coordenada Z;
2) Furos de sondagem sem resultados disponíveis (possivelmente furos metalúrgicos) próximos aos furos mineralizados;

3) Furos de sondagem sem resultados disponíveis, nem mesmo interseções de minério ou registo geológico.

Os quadros abaixo, apresentam todas as informações para os furos utilizados para a modelação geológica e estimativa de teores:

Quadro 11 - Listagem de furos de sondagens para a modelação geológica em 3D para modelação do corpo principal denominado de "Romano"

Hole-ID	X	Y	Z
LRS01	33544.730	229908.330	954.000
LRS02	33514.730	229898.330	953.000
LRS03	33734.720	229983.330	982.000
LRS04	33105.610	229962.150	967.000
LRS05	33554.530	230001.380	958.000
SC001	33746.981	229888.697	975.000
SC002	33674.580	229923.890	970.000
SC003	33592.350	229928.700	960.000
SC004	33501.480	229910.600	950.000
SC005	33796.150	229392.650	924.000
SC006	33846.790	229443.850	932.000
SC007	33885.410	229125.260	900.000
SC008	33887.320	229257.700	918.000
SC009	33947.670	229205.800	910.000
SC010	33811.360	229168.250	909.000
SC011	33799.130	229276.410	915.000
SC012	34227.380	228671.310	890.000
SC013	34193.920	228691.970	890.000
SC014	34165.660	228719.590	891.000
SC015	33840.884	229907.160	978.000
SC017	33514.990	229954.015	952.000
SC018	33909.130	229863.240	970.000
SC019	33691.080	229969.250	974.000
SC020	33764.339	229936.297	979.000
SC021	33606.270	229979.250	962.000
SC022	33697.749	229986.065	975.000
SC023	33781.913	229984.222	982.000
SC024	33526.958	229991.261	951.000
SC025	33487.063	230036.677	942.000
SC026	33858.275	229955.463	982.000
SC027	33927.403	229911.485	973.000
SC028	33439.854	229970.824	941.000
SC029	33414.207	229916.381	933.000
SC030	33824.620	229865.970	973.000
SC031	33899.410	229833.820	968.000
SC032	33976.620	229826.790	961.000
SC033	33476.070	229869.510	941.000
SC034	33420.820	229855.720	928.000

Hole-ID	X	Y	Z
SC035	33417.040	229853.820	928.000
SC036	34037.320	229764.360	953.000
SC037	34000.510	229885.050	960.000
SC038	33850.140	229279.510	919.000
SC039	33926.110	229240.800	915.000
SC040	33908.040	229282.960	919.000
SC041	33493.210	230513.620	980.000
SC042	33325.532	229925.825	931.000
SC043	33319.556	229912.452	930.000
SC044	33695.677	229989.293	975.000
SC045	33277.971	229980.421	934.000
SC046	33257.370	229929.050	926.000
SC047	34077.510	228864.270	889.000
SC048	34026.070	228926.950	889.000
SC049	34074.300	228638.490	883.000
SC050	33626.670	229904.066	963.000
SC051	33635.942	229930.992	960.000
SC052	33541.620	229901.930	953.000
SC053	33783.410	229873.480	975.000
SC054	33645.419	229957.493	970.000
SC055	33861.160	229846.690	972.000
SC056	33863.230	229852.670	972.000
SC057	33881.510	229781.470	965.000
SC058	33694.430	229977.410	976.000
SC059	34703.940	229995.250	976.000
SC060	33563.320	229970.730	958.000
SC061	33820.820	229416.960	983.000
SC062	34106.710	228700.850	892.000
SC063	34751.580	228667.340	860.000
SC064	34222.110	228736.700	895.000
SC065	33824.220	228860.740	874.000
SC066	33577.740	230012.600	957.000
SC067	33721.990	229933.120	977.000
SC068	33750.140	229748.780	964.000
SC069	33736.370	229969.990	979.000
SC070	33789.790	229017.140	887.000
SC071	34267.030	228728.240	897.000
SC072	33431.080	230547.250	970.000
SC073	33552.930	229932.820	957.000
SC074	33183.130	229964.560	917.000
SC075	33850.360	229369.650	980.000
SC076	33801.900	229921.310	980.000
SC077	33709.890	230023.270	976.000
SC078	33877.640	229893.540	975.000
SDD001	33674.880	229923.590	969.000
SDD002	33592.930	229931.420	958.000
SDD003	33705.520	229887.270	973.000

Hole-ID	X	Y	Z
SDD004	33469.310	230072.710	948.000
SDD005	33619.770	230014.180	963.000
SDD022	33422.400	230182.220	961.000
SDD023	33577.080	229946.590	960.000
SDD024	33661.060	229941.740	971.000
SDD025	33327.100	230155.170	947.000
SDD026	32993.140	230368.610	958.000
SDD027	32659.170	230581.040	963.000
SDD030	31658.280	231220.330	968.000
SDD032	33585.290	229967.510	961.000

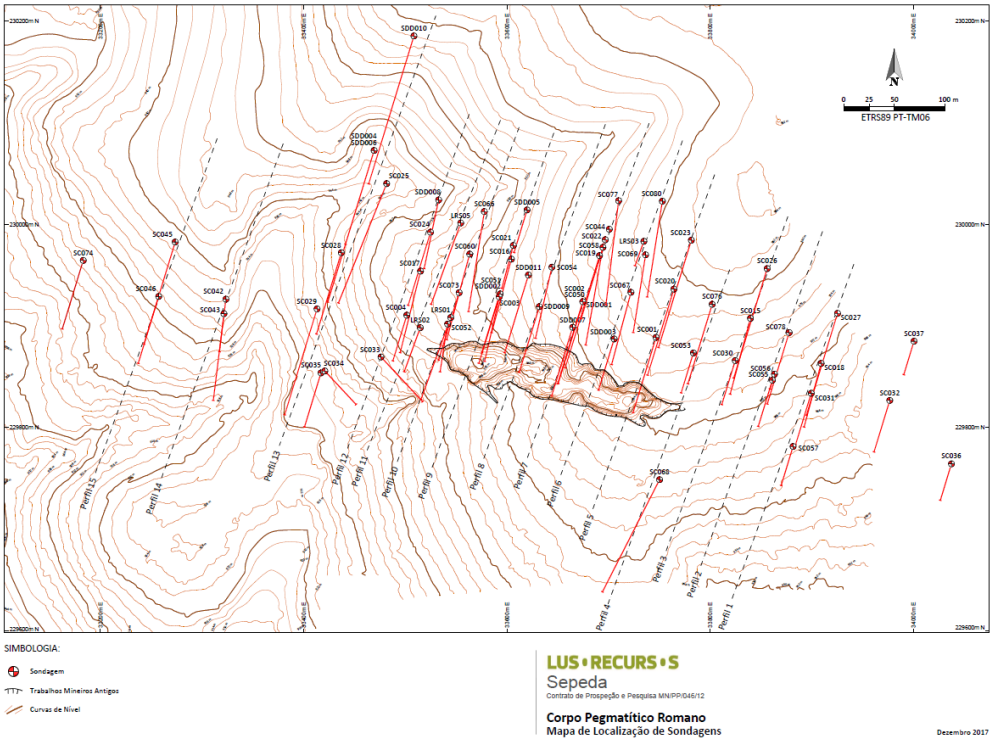


Figura 58 - Mapa da área do jazigo do "Romano" e localização das sondagens

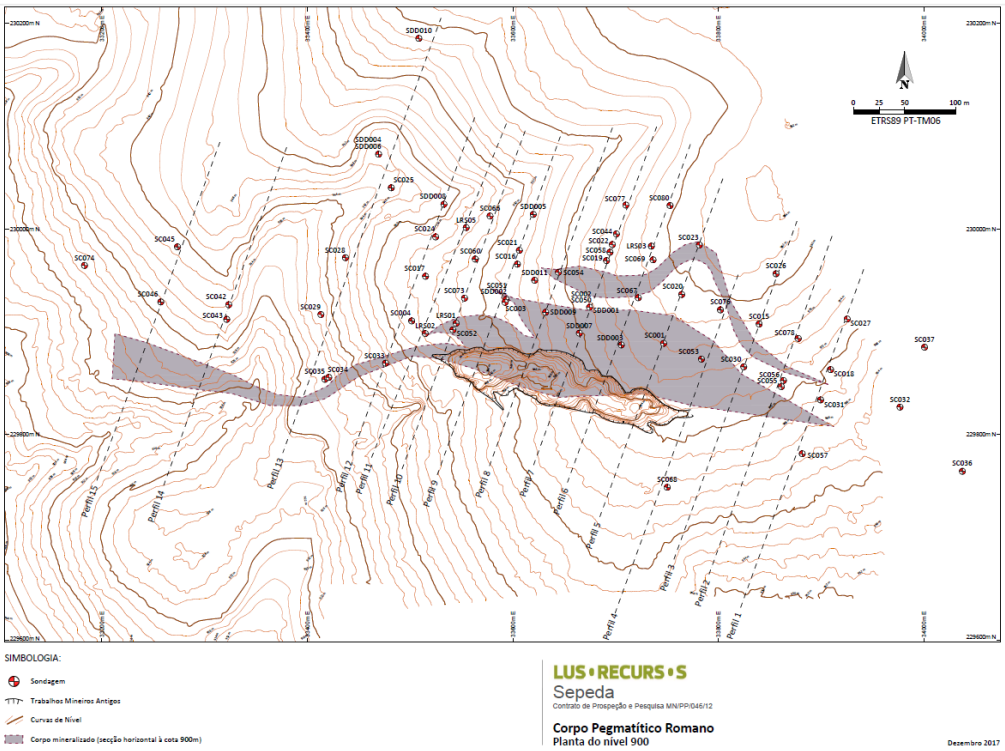


Figura 59 - Secção geológica da Lusorecursos de 2017, nível 900 m.

6.4. Modelação geológica

Após a validação dos dados de sondagem, os arquivos foram importados para o software de modelação Datamine Studio RM e os furos criados em ambiente 3D. Com a utilização das ferramentas de preparação de dados para a modelação implícita do Studio RM as intersecções mineralizadas em Li_2O foram marcadas manualmente como minério nos furos positivos e definidas 9 Zonas, Z1 a Z7 no corpo principal ou "Romano" e Z8 e Z9 a sul do mesmo, na referida área potencial para prospeção e pesquisa nos próximos anos.

A Zonas mineralizadas foram definidas como Z1, a principal e mais contínua lateralmente e as outras Zonas até a Z7, menores e paralelas à Z1. A interpretação das zonas foi realizada manualmente em diversas secções verticais, utilizando ferramentas do Studio RM e tendo em consideração os seguintes critérios gerais:

- Modelo de minério apenas, definido por amostras e teores de Li2O;
- Teor mínimo de 0,3% de Li_2O para o envelope de minério ou intersecção mineralizada;
- Mínimo de 2 m para definir como uma interseção e máximo de 3 m de diluição interna;
- Presença de Zona mineralizada na secção vizinha para definição da continuidade lateral.

Estes critérios foram definidos como guia para a definição do envelope de minério, de modo geral, porém em diversos casos, algumas tolerâncias foram utilizadas, como por exemplo:

- Amostras com teores menores que 0,3% de Li_2O, porém muito próximos deste valor foram incluídos no envelope de minério;
- Amostras com valores menores que 0,3% de Li_2O que compuseram uma intersecção média acima de 0,3% de Li_2O foram incluídas na mineralização, sendo diluição interna ou de limite de zona;
- Intervalos amostrais com teores acima de 0,3% de Li_2O, porém com espessura aparente, ou comprimento, menor que 3 m que estivessem marcando continuidade de corpos podem ter sido incluídos na mineralização;
- Intervalos amostrais com teores acima de 0,3% de Li_2O com espessura aparente igual ou maior que 2 m, porém muito distantes e isoladas não foram interpretadas como parte do envelope de minério;

Após a revisão de cada Zona em cada secção vertical os envelopes de minério foram criados por modelagem implícita no Studio RM, mas com o auxílio de interpretação em secção, por poli-linhas – *polylines*, para definição de limites, bordas e tendência do corpo mineralizado,

definindo a continuidade lateral e a atitude estrutural, ou seja, a sua direção e inclinação, conforme comprovado pela Figura 60.

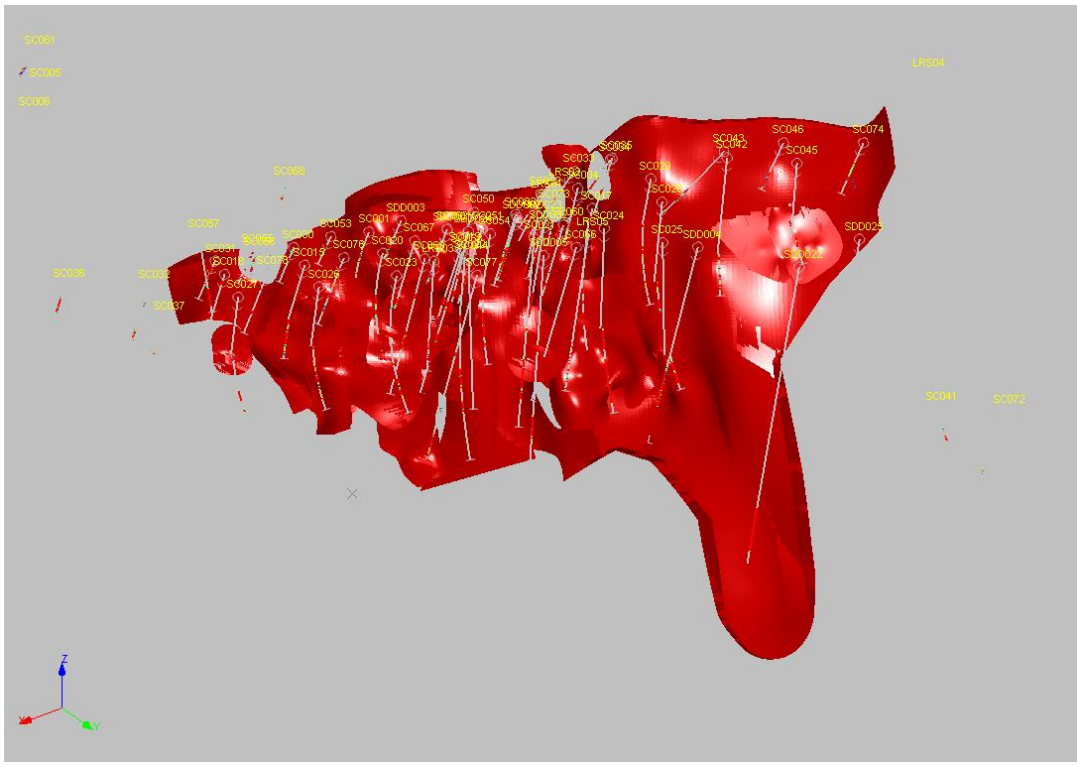


Figura 60 - Sólidos 3D do modelo geológico (cut-off de 0,3 Li_2O)

Foram realizadas as estimativas dos teores de óxido de lítio (Li_2O), estanho (Sn), óxido de ferro, (Fe_2O_3), tântalo (Ta), rubídio (Rb), óxido de potássio (K_2O), berílio (Be), césio (Cs), alumina (Al_2O_3) e sílica (SiO_2) em cada uma das unidades mineralizadas identificadas pelos campos Z1 a Z9.

6.4.1. Análise dos dados de modelação

No modelo geológico do Romano, é possível ver na parte mais profunda à esquerda (como demostrado na Figura 61, uma extrapolação na continuidade do corpo do minério. Esta interpretação, deve-se à presença de um furo mineralizado com cerca de 60 m de intercetação no qual os teores não foram analisados. Em geral, aquela porção esquerda do corpo de minério está a extrapolar a continuidade em relação aos furos de sondagem, mas está em total concordância com outras evidências de continuidade geológica.

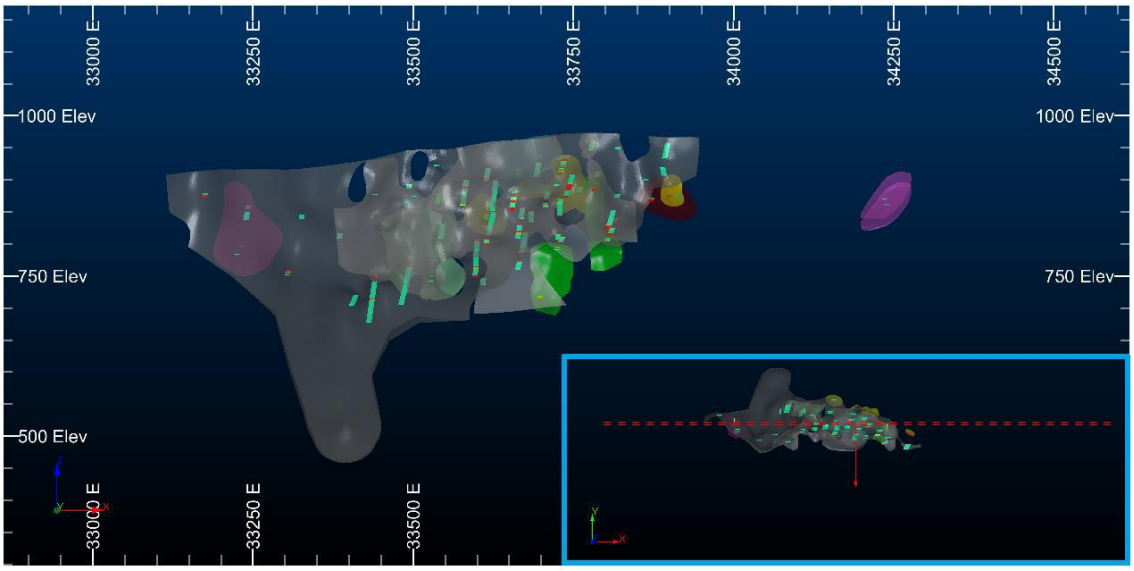


Figura 61 - Distribuição das amostras dentro do wireframe do jazigo mineral

6.4.2. Descrição e metodologia dos teores

Neste subcapítulo serão descritos alguns parâmetros de importância elevada, que permitem após análise do tratamento geoestatístico e em conformidade com a disposição do corpo geológico, a melhor definição para efetuar um modelo geológico de blocos 3D coerente e o mais preciso, onde decorrerão todos os cálculos e desenho de mina relevantes para exploração do jazigo "Romano".

6.4.2.1. Composição de teores

A estimativa de teores requer que os comprimentos das amostras sejam iguais. Quando isso não for possível, o processo de composição deve ser aplicado para regularizar o comprimento da amostra. A distribuição de comprimentos com variância muito baixa garante que os parâmetros estatísticos e geoestatísticos sejam inferidos de um conjunto de amostras comparáveis. Nos dados de sondagens do depósito Romano, a maioria das amostras brutas tem comprimento de 1,0 m e, portanto, o conjunto de dados apresenta uma variabilidade de comprimento de amostra muito baixa. Por esse motivo, as amostras não foram compostas. A Figura 62 apresenta a distribuição de comprimento para as duas zonas principais, 1 e 2.

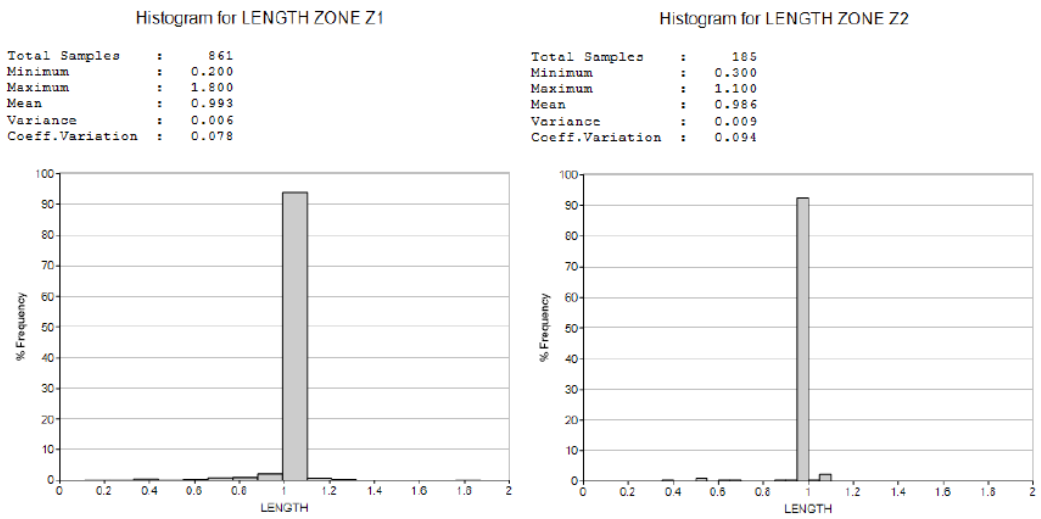


Figura 62 - Histogramas do comprimento das amostras para a zona 1 e zona 2

6.4.2.2. Células do modelo geológico 3D

Após analisar a uniformidade do comprimento amostral, o passo seguinte foi relacionado ao padrão de amostragem, que em geral privilegia as regiões de alto teor. Uma abordagem de *declustering* das células foi aplicada para obter a melhor inferência da distribuição real dos teores de Li_2O no domínio, conforme o Quadro 12.

Quadro 12 - Parâmetros para a escolha do tamanho e número de células a utilizar no modelo geológico

X eixo mínimo	4.0 m
X eixo máximo	40.0 m
Incremento	2.0 m
Nº de origens	10

A Figura 63 demonstra o teor médio de Li_2O para a faixa de tamanhos de células de 4,0 a 40,0 m. O ponto verde no gráfico representa o teor médio sem a aplicação de *desclustering* das células.

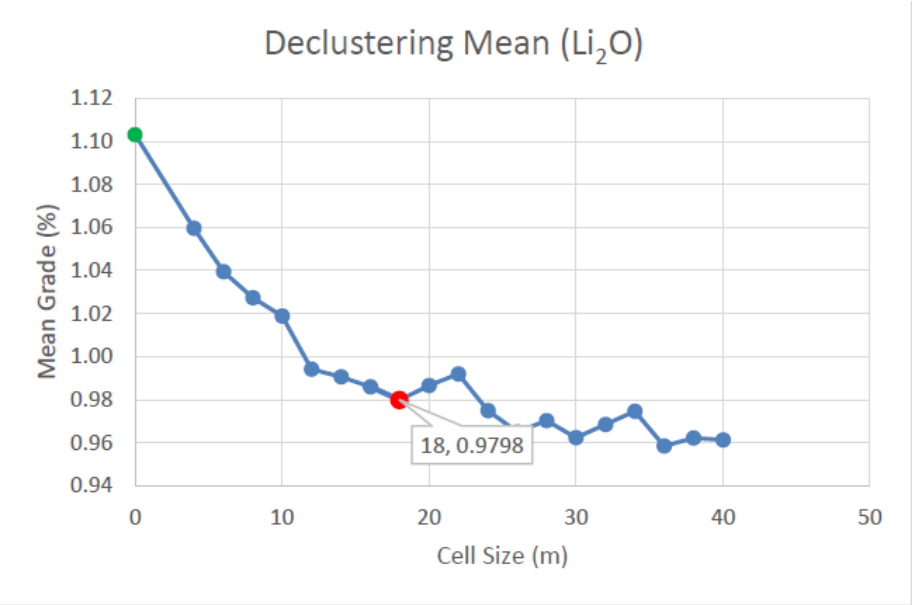


Figura 63 - Média dos teores em Li2O para diferentes tamanhos de células

O tamanho da zona 1 foi definido como a média próxima inferior no gráfico acima e é representado pelo ponto vermelho. Este propõe o tamanho da célula a ser usado para o processo de *desclustering* e o teor médio de Li_2O conforme apresentado no Quadro 13.

Quadro 13 - Parâmetros de declustering

Tamanho	18 m
Média Li2O (%)	0.98

6.4.2.3. Outliers

São apresentados os gráficos de probabilidade para os teores de Li_2O, Sn e Fe_2O_3 sobre as amostras brutas foram criados para verificar se há *outliers*, representados pela Figura 64, Figura 65 e Figura 66.

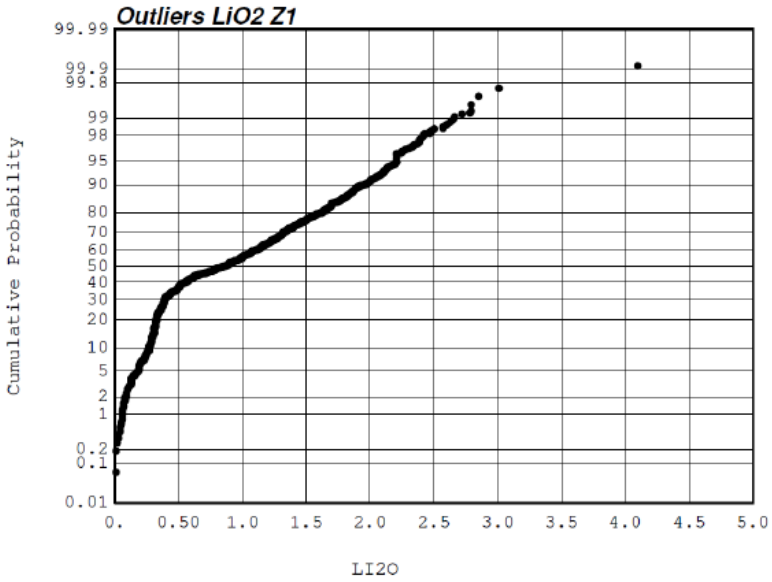


Figura 64 - Gráfico de probabilidade de teores de Li2O

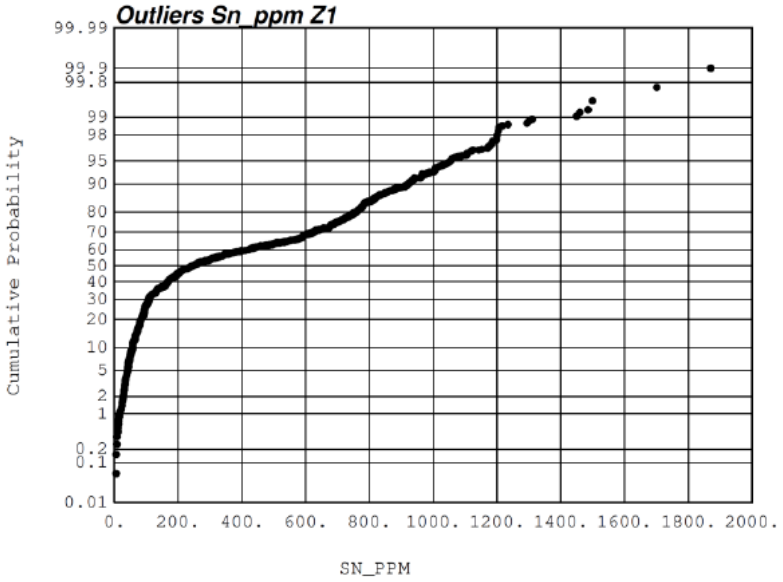


Figura 65 - Gráfico de probabilidade de teores de Sn (estanho)

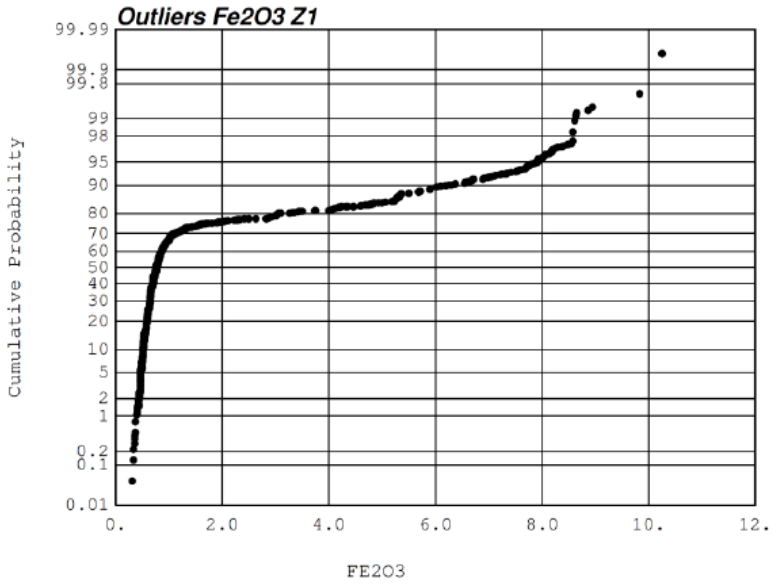


Figura 66 - Gráfico de probabilidade de teores de Fe_2O_3

Os valores relativos aos teores de Li_2O, Sn e Fe_2O_3 foram usados para o corte superior (*top cut*) dos teores referentes às amostras na Zona 1. O *top cut* tem dois propósitos: obter melhores variogramas e reduzir a influência de valores de alto teor na estimativa.

O Quadro 14 contém os valores de *top cut* aplicados a cada teor nas diferentes zonas definidas.

Quadro 14 - Top cut aplicado após a realização de uma análise de outlier

Zona	Amostras	Variável	Máximo	Corte Superior
1	861	Li2O %	4.10	2.6
		Fe2O3 %	4.56	8.70
		Sn (ppm)	1,870	1,280
2	185	Li2O %	3.82	2.30
		Fe2O3 %	9.04	7.50
		Sn (ppm)	1,612	1,100
3	60	Li2O %	3.75	2.4
		Fe2O3 %	8.94	6.8
		Sn (ppm)	1,227	1,000

6.4.3. Variogramas de análise

6.4.3.1. Direções anisotrópicas

As direções anisotrópicas para calcular os variogramas experimentais foram definidas com base nas indicações do mapa de variograma e na orientação do *wireframe* do corpo do minério. A Figura 67 mostra um elipsoide hipotético com a orientação do variograma definida para comparar a sua anisotropia em relação à orientação do *wireframe* do jazigo mineral.

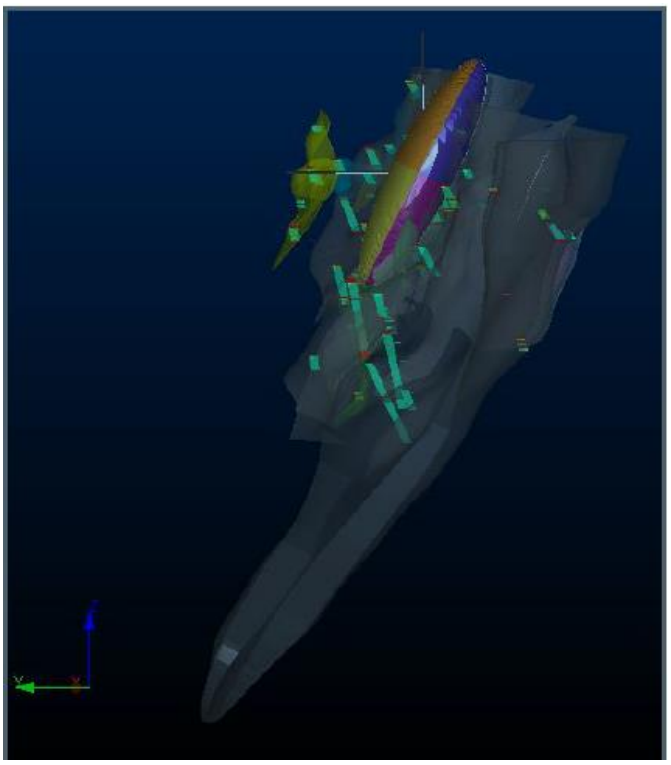


Figura 67 - Gráfico de probabilidade de teores de Fe_2O_3

As direções definidas para construir os variogramas experimentais são definidas pelos seguintes ângulos de rotação apresentados no Quadro 15. O eixo Y é coincidente com a direção Norte e todas as rotações são positivas no sentido horário.

Quadro 15 - Direções anisotrópicas

Eixo	Rotação (graus)
Z	17
X	63
Y	0

6.4.3.2. Variogramas experimentais e de modelação

A disposição do minério consiste em nove zonas individuais de continuidade. Apesar de, as zonas definidas não estarem fisicamente conectadas, são definidas em conjunto e encontram-se muito próximas. Assim, recomenda-se verificar se essas zonas são estatisticamente semelhantes para serem consideradas como uma unidade única no que diz respeito aos variogramas. Portanto, antes do cálculo dos variogramas experimentais, foi realizada a análise estatística da amostra sobre as diferentes zonas definidas. Posto isto, são considerados gráficos onde os teores médios das diferentes zonas, assim como o seu desvio padrão foram desenvolvidos para as diferentes fases de elementos de Li_2O, Sn e Fe_2O_3 , testemunhado pela Figura 68, Figura 69 e Figura 70.

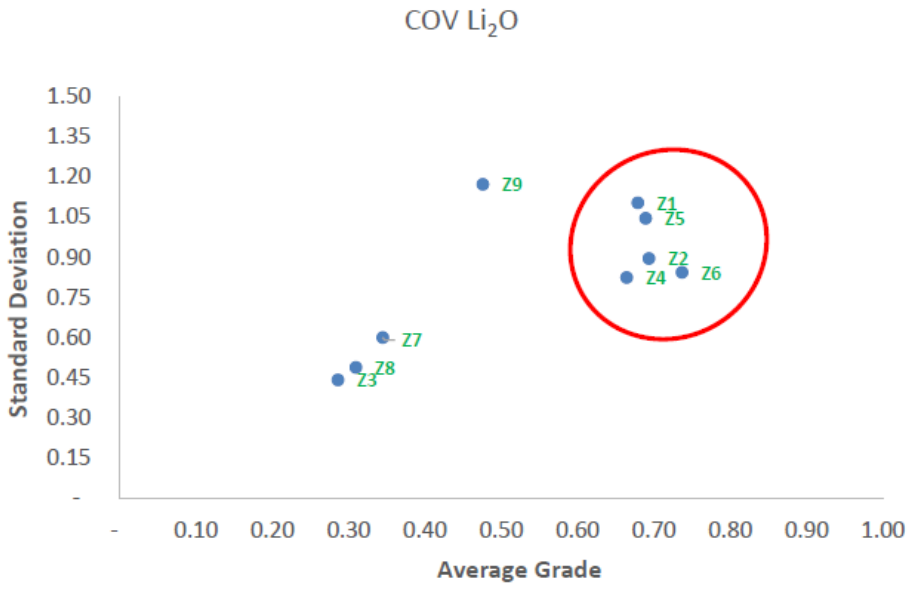


Figura 68 - Desvio padrão vs. teor médio por zona para Li_2O

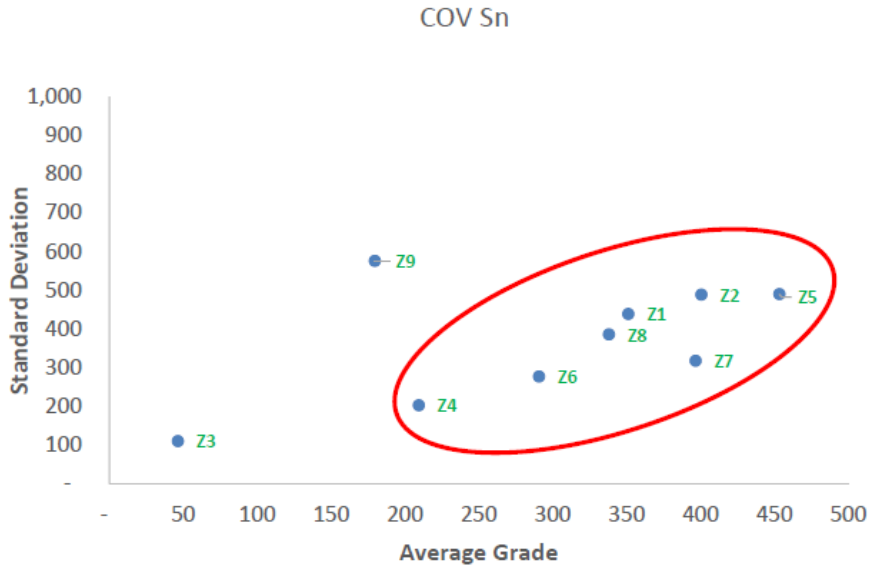


Figura 69 - Desvio padrão vs. teor médio por zona para Sn

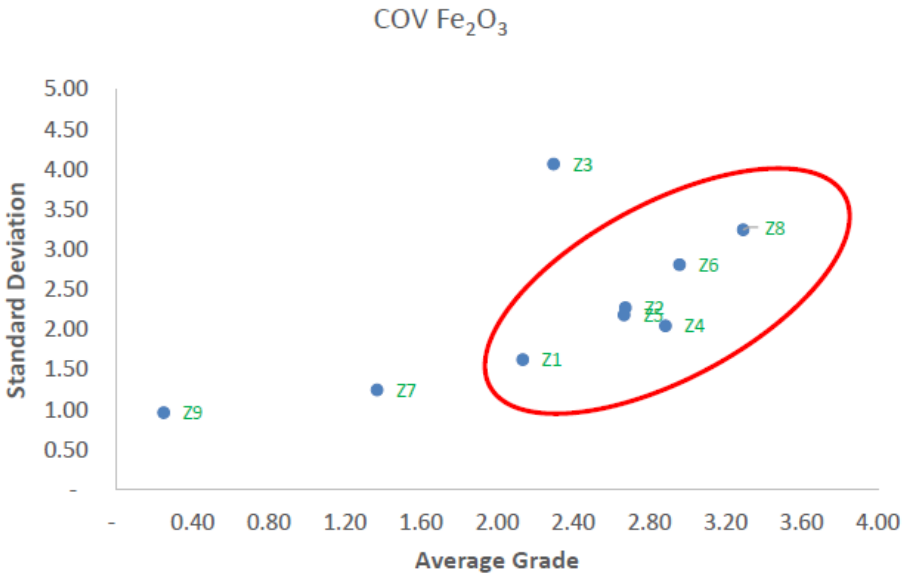


Figura 70 - Desvio padrão vs. teor médio por zona para Fe_2O_3

O estudo elaborado determinou possíveis combinações de zonas para o cálculo de variogramas experimentais. As zonas que foram combinadas para Li_2O, Sn e Fe_2O_3 são exibidas em cada gráfico acima dentro das elipses vermelhas. Além disso, o *top cut* também foi considerado nesta etapa. O variograma experimental *downhole* para Li_2O abaixo foi usado para inferir o efeito pepita, conferir Figura 71.

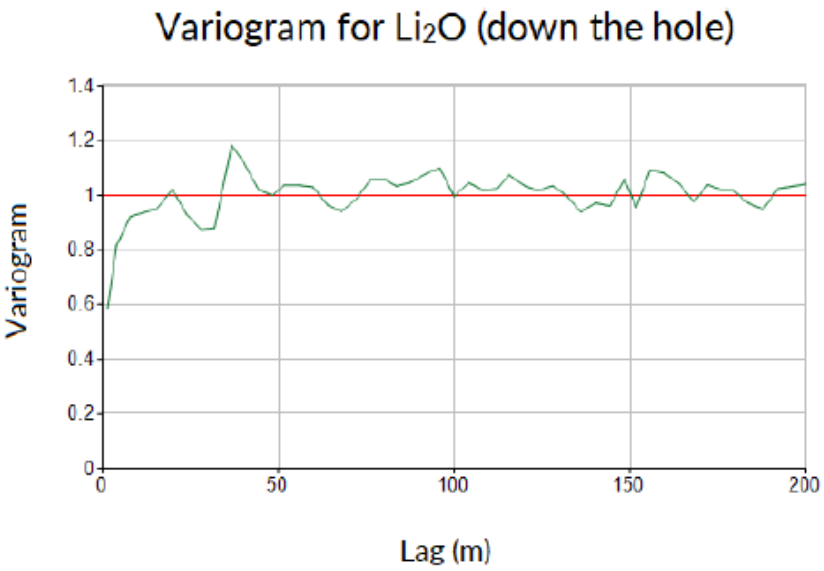
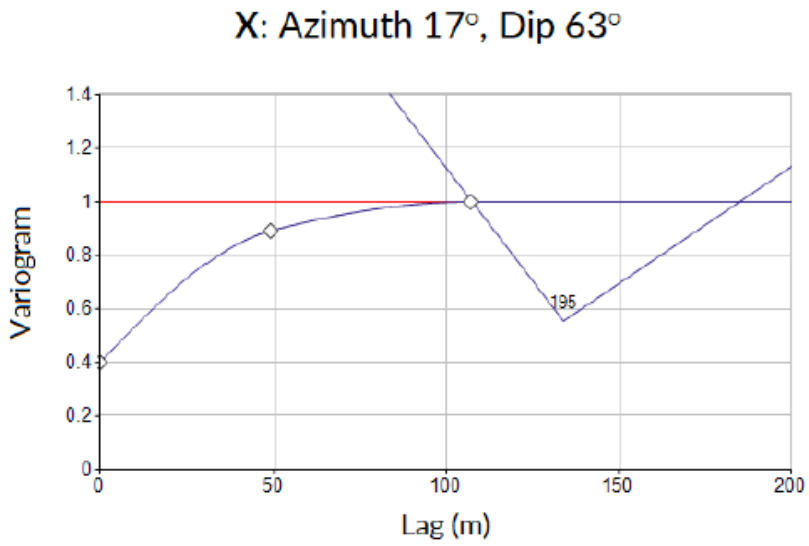


Figura 71 - Variograma down the hole experimental para teores de Li_2O

Em conjunto com o supracitado, os diferentes variogramas direcionais apresentados na Figura 72, foram realizados para as três direções ortogonais onde tem foco a modelação geológica em 3D.



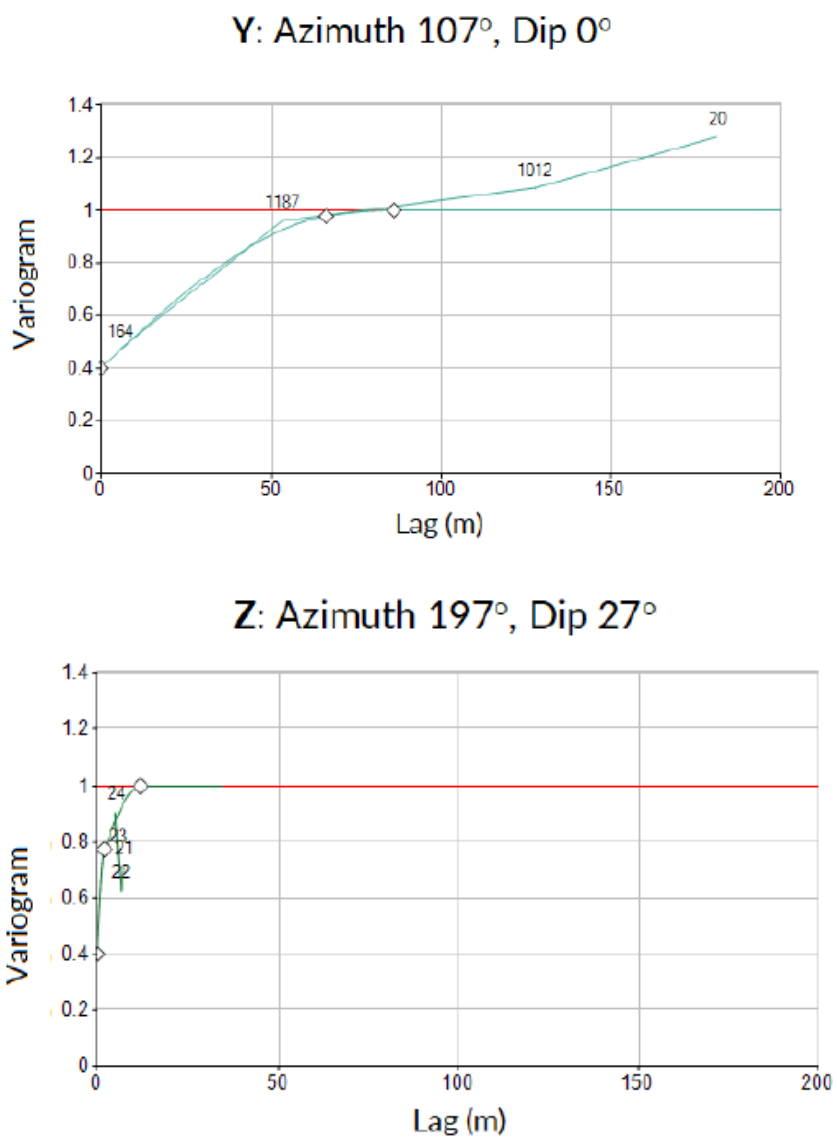


Figura 72 - Gráficos de modelos de variograma para teores de Li_2O

Os parâmetros definidos através do modelo de variogramas para Li_2O, Sn e Fe_2O_3 são apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 - Parâmetros do modelo de variograma para Li_2O, Sn e Fe_2O_3

Variável	Efeito pepita	Sill 1	X	Y	Z	Sill 2	X	Y	Z
Li_2O	0.19	0.14	49	66	2	0.14	107	86	12
Fe_2O_3	0.53	2.36	105	55	4	2.36	119	80	7
Sn	35,556	45,378	15	8	2	44,622	80	93	9

6.5. Estimativa de teores

Os teores de Li_2O, Sn e Fe_2O_3 foram estimados por krigagem ordinária como já referido anteriormente. As demais variáveis de elementos, tais como: SiO_2, Al_2O_3, Ta, Be, Rb e Cs foram estimadas por IPD (potência inversa da distância). Todas as interpolações de teores foram realizadas com controlo nas diferentes zonas.

Para cálculo geoestatístico relacionado com um corpo de minério, realiza-se um modelo geológico de blocos, que permite aferir várias informações em cubos infinitesimais.

O dimensionamento destes blocos leva em conta as características da mineralização e a quantidade de informações disponíveis, quanto menor for o tamanho do bloco, maior será o erro na estimativa daquela área, consequentemente menor será a confiabilidade de um determinado modelo. A cada bloco são atribuídas informações relativas a geologia, mecânica de rochas, processamento mineral e custos, sendo todos os blocos de tamanhos iguais, num modelo geológico.

O modelo geológico de blocos considerado possui "células-mãe" de 10 mx4 mx10 m sem rotação. Para efeitos geoestatísticos, foi admitida ainda uma sub-célula mínima de 1,0x0,5x1,0 m. Os outros parâmetros do modelo de blocos são apresentados a seguir no Quadro 17.

Quadro 17 - Parâmetros modelo geológico de blocos

Origem		Nº de células	Tamanho da célula (m)
X	32,640	260	10
Y	227,910	1 037	4
Z	450	56	10

Os volumes em questão, têm os intervalos baseados em 90% do *total sill* do variograma. A razão de usar 90% do *total sill* é evitar a influência de alguma extrapolação arbitrária na modelação dos variogramas. A Figura 73, demostra um variograma experimental com um modelo de variograma ajustado. Cada quadrado vermelho é uma defasagem do variograma experimental.

O eixo x representa a distância entre pares de pontos e o eixo y representa o valor calculado do variograma, onde um valor maior indica menos correlação entre pares de pontos. Este variograma específico mostra uma relação espacial adequada para análise geoestatística, uma vez que os pares de pontos são mais correlacionados quanto mais próximos estão e se tornam menos correlacionados quanto maior a distância entre os pontos.

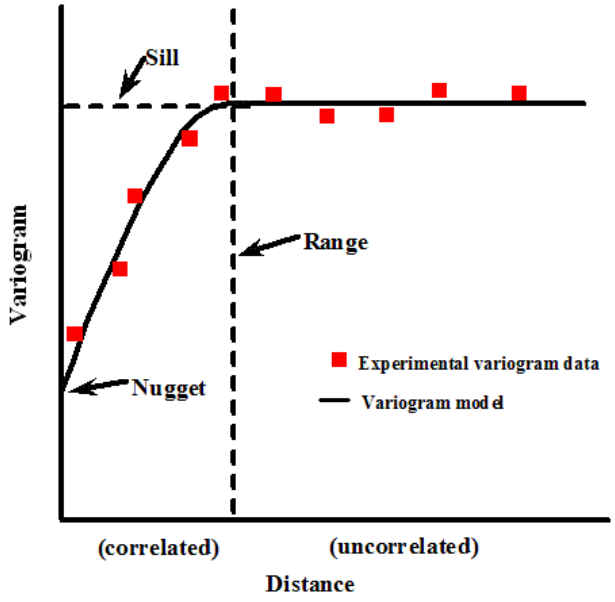


Figura 73 - Exemplo de gráfico de modelos de variograma

Como o algoritmo de krigagem requer um modelo positivo definido de variabilidade espacial, o variograma experimental não pode ser usado diretamente. Em vez disso, um modelo deve ser ajustado aos dados para descrever aproximadamente a continuidade espacial dos dados. Certos modelos (ou seja, funções matemáticas) que são conhecidos como positivos definidos são usados na etapa de modelação. O Quadro 18 apresenta os intervalos considerados:

Quadro 18 - Expansão de volumes consideradas ao estimar teores

	Direções	Rotações	Intervalo do variograma	1ª fase (90% sill)	2ª fase (2 x 90% sill)	3ª fase (10 x 90% sill)
Li_2O	**Y**	0	86	48	96	480
	Z	17	12	7	14	70
	X	63	107	65	130	650
Fe_2O_3	**Y**	0	80	50	100	500
	Z	17	7	5	10	50
	X	63	119	80	160	800
Sn	**Y**	0	93	36	72	360
	Z	17	9	4	8	40
	X	63	80	27	54	270

Além disso, os teores foram estimados considerando três expansões do volume, de acordo com as etapas mencionadas no Quadro 18. O número de amostras retidas para estimar um único bloco é apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 - Número de amostras a considerar para estimar teores

Nº mínimo de amostras	4
Nº máximo de amostras	24

A terceira expansão foi usada principalmente para garantir que todos os blocos dentro da mineralização sejam estimados. Foi utilizada uma discretização 3x3x3, sendo esta uma forma de transformar uma distribuição contínua em unidades individuais. Outro aspeto importante considerado no processo de estimativa foi a influência dos *outliers*, que neste caso se limita a uma influência espacial definida pelo alcance e orientação do variograma conforme Quadro 20.

Quadro 20 - Influência espacial de outliers

Variáveis	**Intervalos de Pesquisa HGR 60% of (90% sill)**		
	X	**Y**	**Z**
Li_2O	39	28.8	4.2
Fe_2O_3	48	30	3
Sn	27	36	3.6

O Quadro 20 que, cada amostra considerada como um *outlier* pode ser usada para estimar apenas os blocos que não estão acima da distância espacial daquela amostra. Caso contrário, a amostra *outlier* não será usada, mas sim será utilizada o teor de top cut. De facto, esta abordagem restringe a influência desses teores, sem negligenciar os valores elevados associados.

Além disso, a anisotropia dinâmica para o volume foi aplicada, em que esta técnica ajusta a elipse de acordo com a forma do corpo mineral e permite uma melhor seleção de amostras melhorando a qualidade da estimativa.

6.5.1. Validação das estimativas

As estimativas de teores foram validadas por diferentes técnicas. A validação primária consiste em uma verificação visual dos teores compostos em relação aos teores dos blocos definidos

mais próximos. Esta validação foi realizada e não foram encontradas inconsistências. Por outro lado, pode ser utilizado um método, que utiliza a comparação entre a média das estimativas de teores, a média das amostras usando pesos *decluster* e a média das estimativas de teores por um método clássico (neste caso "*Nearest Neighbour*").

Quadro 21 - Diferença entre teores médios de NN (Nearest Neighbour), Declustering e OK (Ordinary kriging)

	Nearest Neighbour	Declustered Mean	Ok Estimates	Difference (%)	
				Decluster	Nearest Neighbour
Li_2O %	0.82	0.96	0.95	- 1.41	15.30
Fe_2O_3 %	1.78	2.08	2.02	- 2.76	13.20
Sn ppm	424	377	459	21.56	8.13

A principal diferença observada nos teores obtidos por NN deve-se a alguma assimetria do *wireframe* mineralizado e distribuição espacial das amostras. Essas diferenças por si só, não podem garantir a existência de vieses no processo de estimativa de teores.

Para identificação de possíveis inconsistências, foram ainda utilizados num gráfico de dispersão e uma análise de gráfico de probabilidades (QQ) que compara os métodos de NN (*Nearest Neighbour*) com OK (*Ordinary Kriging* – Krigagem ordinária) (v.f.Figura 74).

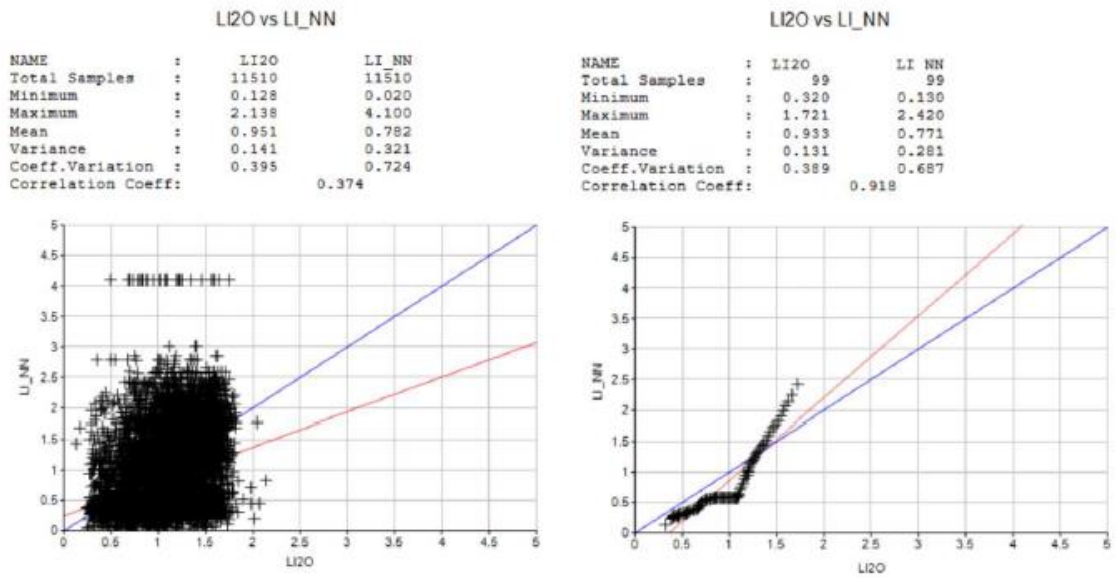
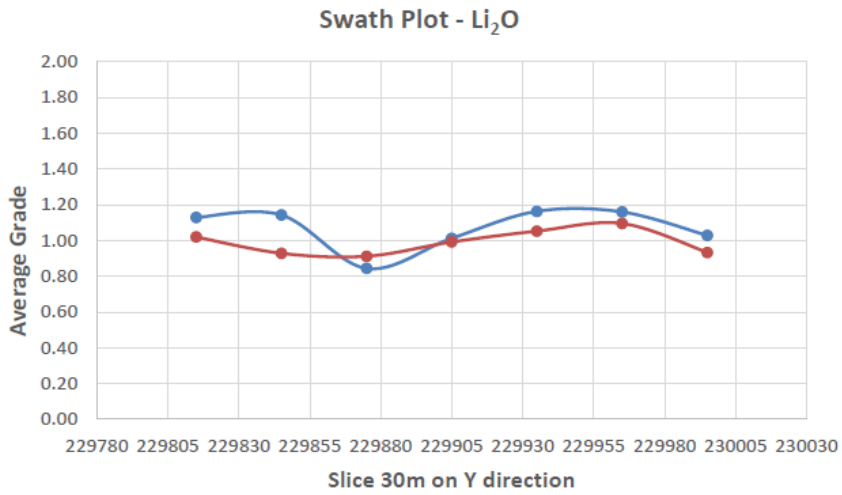


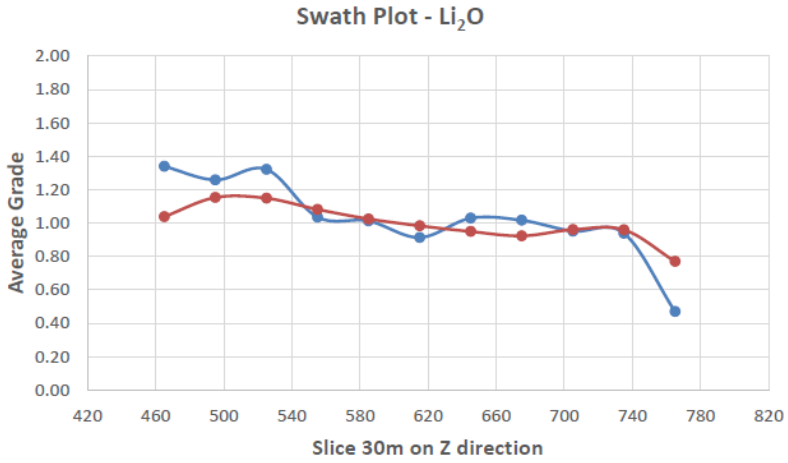
Figura 74 - Gráfico de dispersão e gráfico de probabilidades (QQ) para Li2O. NN (Nearest Neighbour) vs.OK (Ordinary kriging)

Nesse caso, devido a alguma extrapolação nas extremidades e assimetria em relação à distribuição espacial da amostra, o gráfico de dispersão é apresentado como uma nuvem de pontos espalhados e também um patamar.

Em última análise, as estimativas foram validadas usando gráficos de faixa em três direções ortogonais: este (X), norte (Y) e elevação (Z).

Os gráficos de faixa apresentados na Figura 75, demonstram explicitamente a qualidade da estimativa de teores. Os valores definidos do modelo de blocos acompanham as amostras e os valores estimados seguem a mesma tendência do teor da amostra, indicando a capacidade do processo de estimativa de reproduzir o teor localmente.





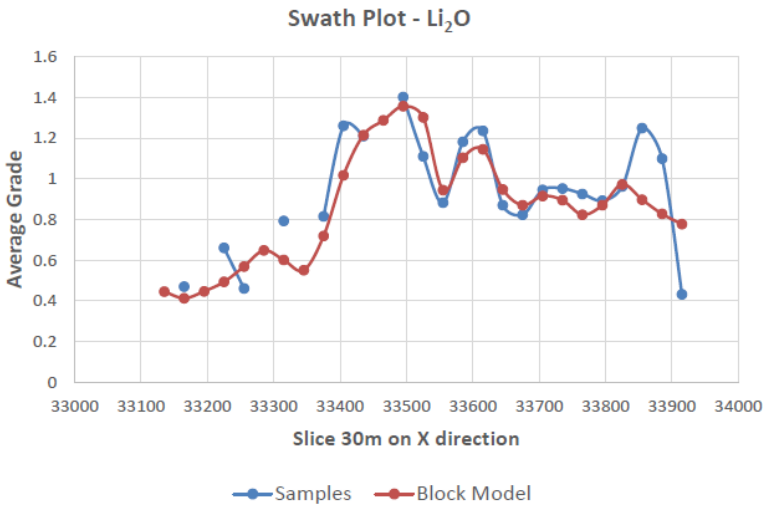


Figura 75 - Gráficos de faixa para as direções X, Y e Z

6.6. Cálculo de reservas

Como referido inicialmente, devido ao nível de confiança dos dados de sondagens, o modelo geológico de bloco não foi categorizado e permanece sem classificação, ou seja, a falta da informação do desvio das sondagens realizadas, não permite aferir diretamente como reserva, porém os recursos geológicos estimados podem ser designados de "*potential resources*", para qualquer relatório público. Nesse sentido, atribui-se a designação de reserva provável.

O recurso total estimado para o depósito do jazigo do "Romano" é de 11 Mt com @0,95% Li_2O. O volume de minério estimado deve ser considerado como a tonelagem total aproximada não classificada e o teor da zona mineralizada, representado no gráfico da Figura 76.

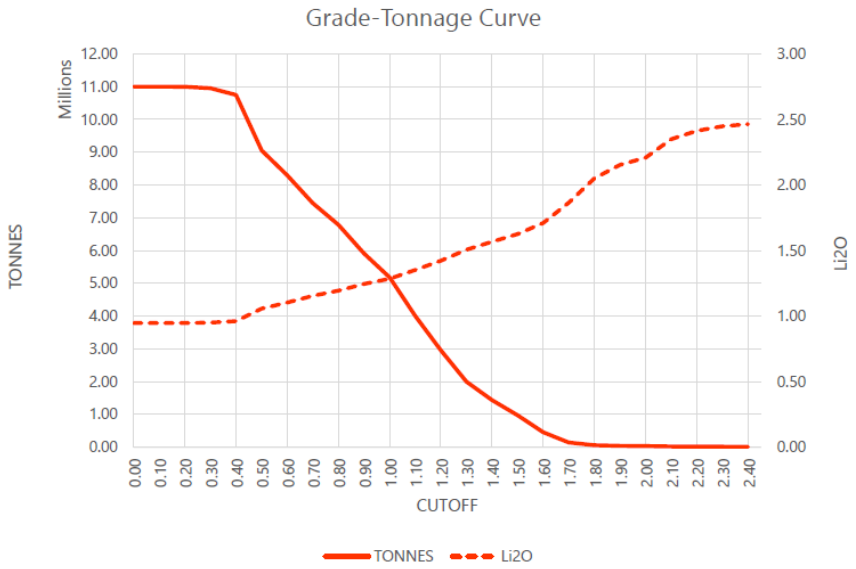


Figura 76 - Distribuição teores-tonelagem do modelo geológico

Os teores de lítio, estanho, ferro, alumínio, potássio e sílica foram estimados por krigagem ordinária. As estimativas foram validadas de acordo com a reprodutibilidade da distribuição dos teores e sua disposição espacial. O Quadro 22 apresenta os valores mais atualizados de recursos minerais estimados para o depósito do jazigo do "Romano" e da Figura 77 à Figura 87 são reveladas secções horizontais e verticais do modelo de blocos de referência para as estimativas.

Quadro 22 - Recursos minerais estimados, classificados como reservas prováveis para o depósito "Romano"

Material	Ton	Dens.	Li_2O (%)	Sn (ppm)	Al_2O_3%	Fe_2O_3	K_2O	SiO_2
Minério	10.803.987	2,55	0,95	460	16,67	1,99	3,14	67,69
Oxidado	195.023	2,18	0,93	378	17,34	2,22	3,07	67,40
Total	**10.999.010**	-------	**0,95**	**459**	**16,69**	**1,99**	**3,14**	**67,68**

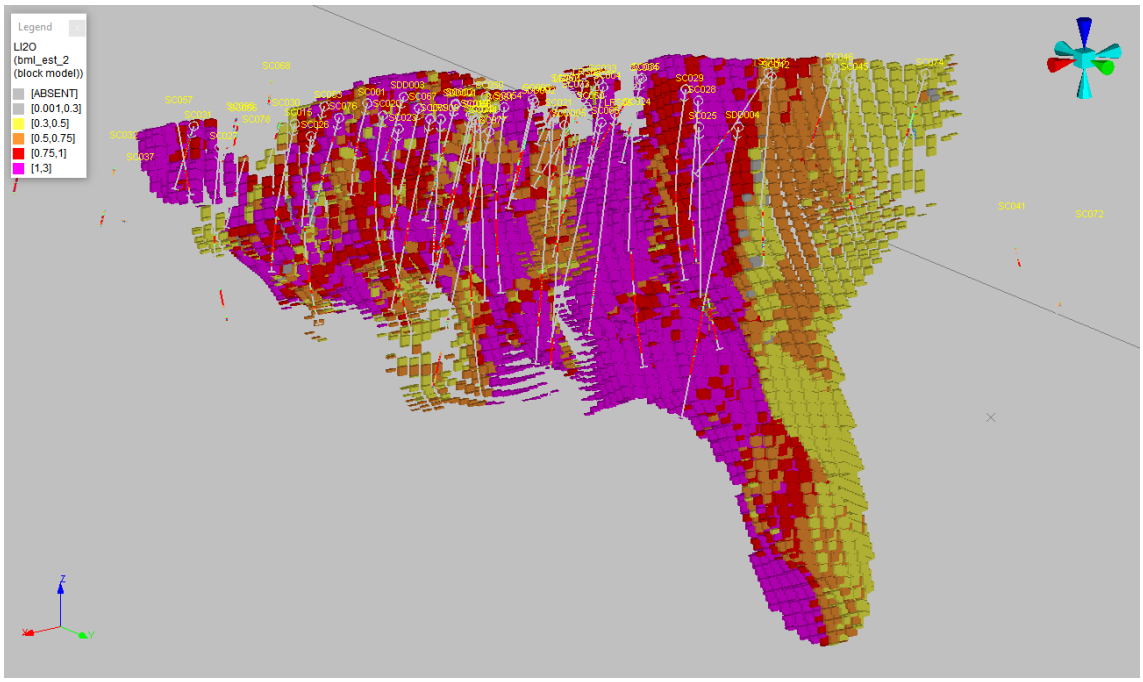


Figura 77 - Modelo de blocos de minério colorido por teores de Li_2O

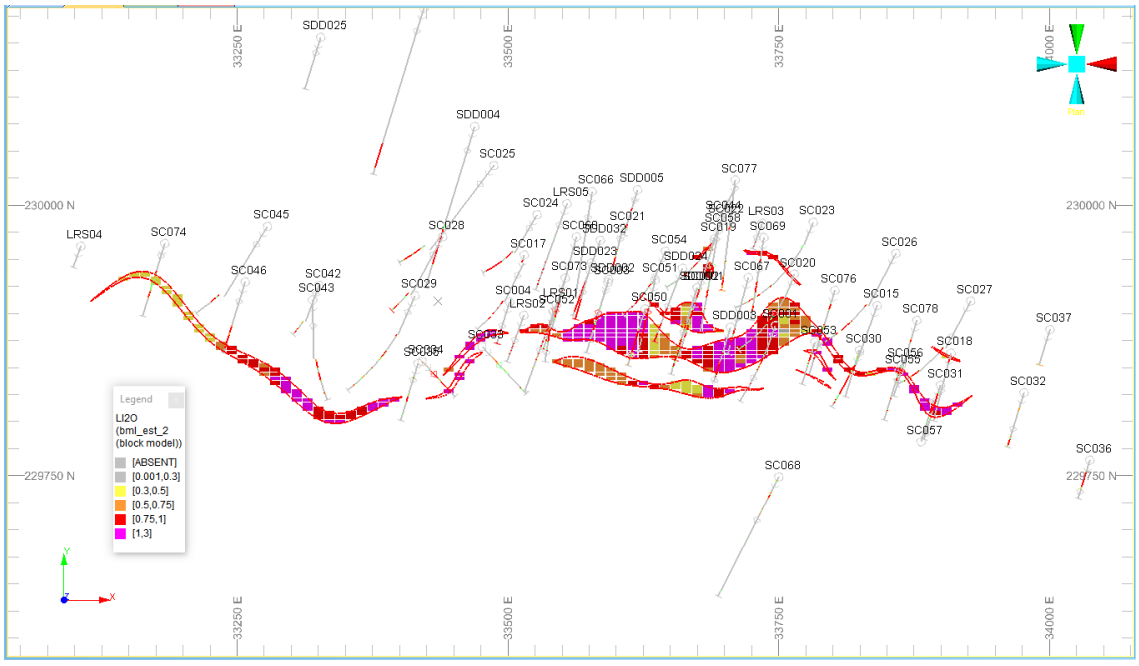


Figura 78 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 900m

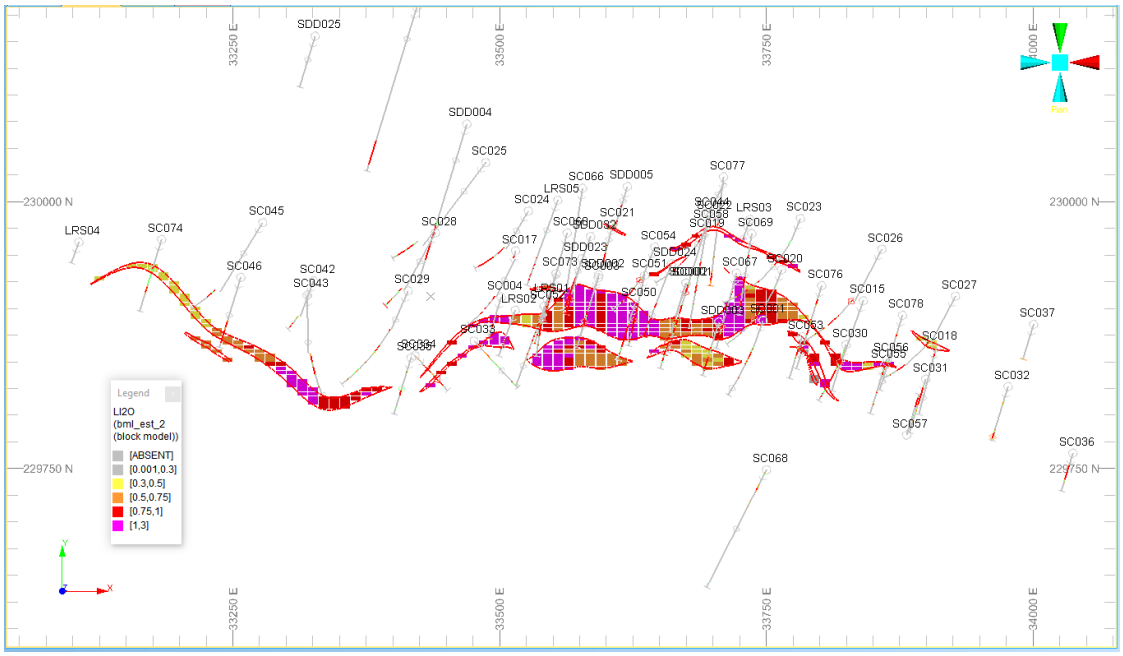


Figura 79 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 875m

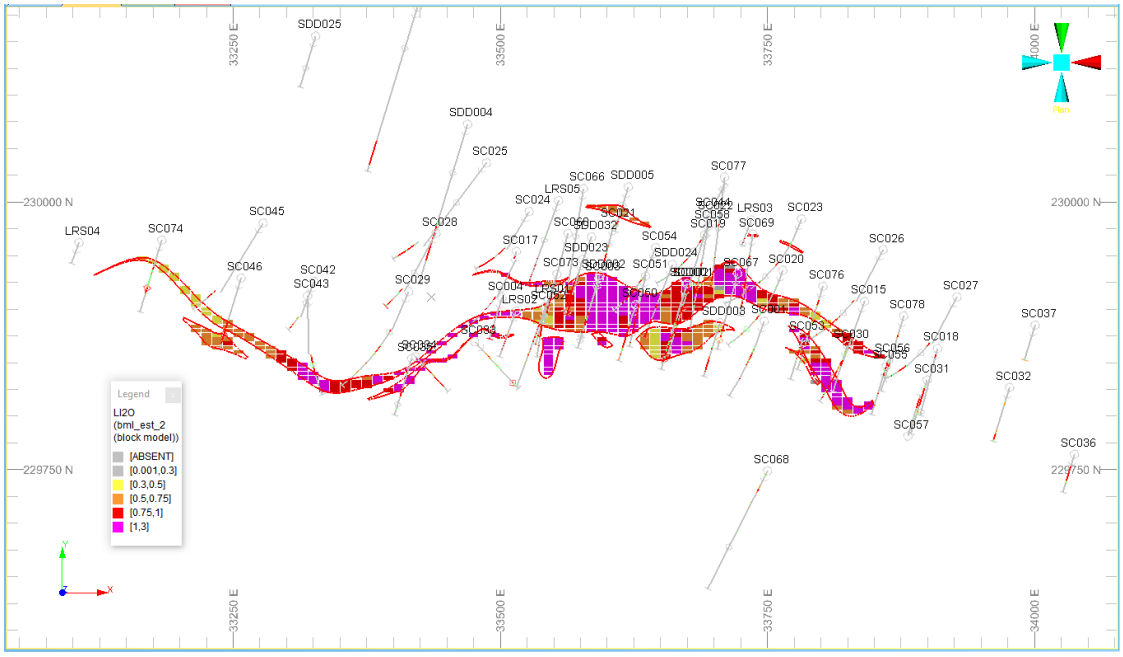


Figura 80 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 850m

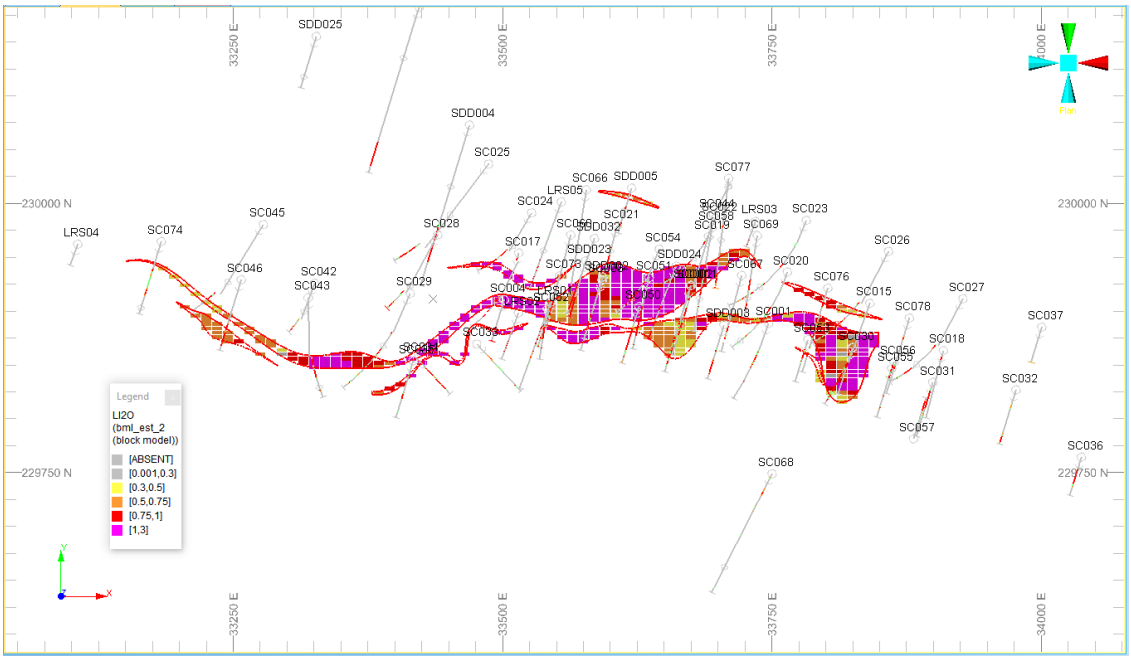


Figura 81 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 825m

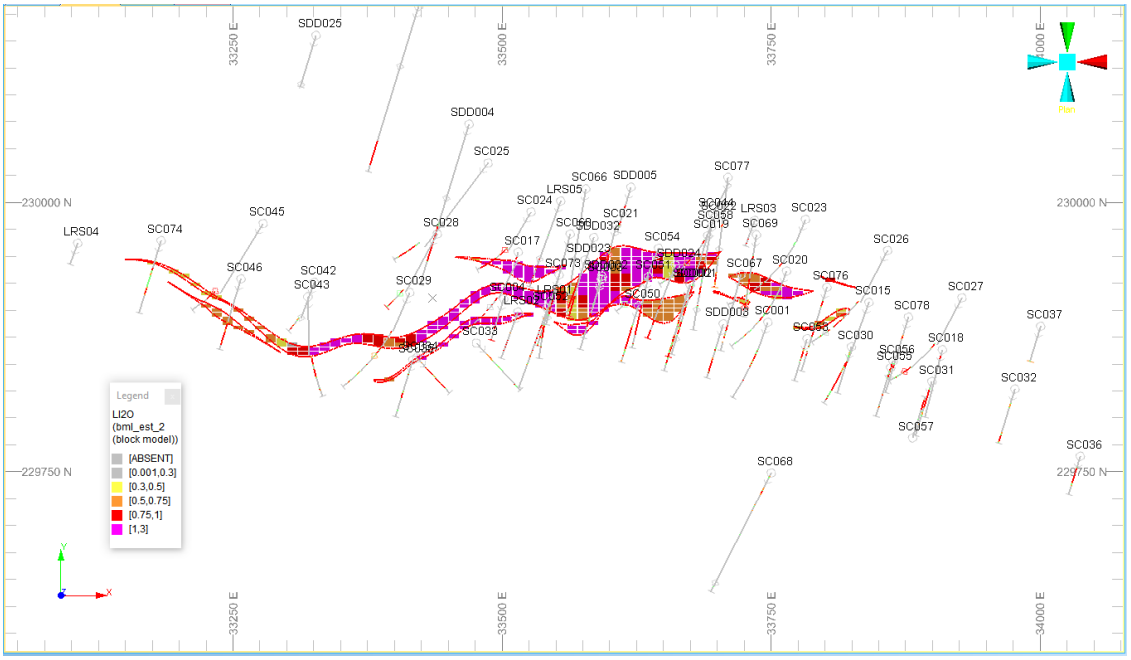


Figura 82 - Secção horizontal no modelo de blocos com teores de Li_2O, nível 800m

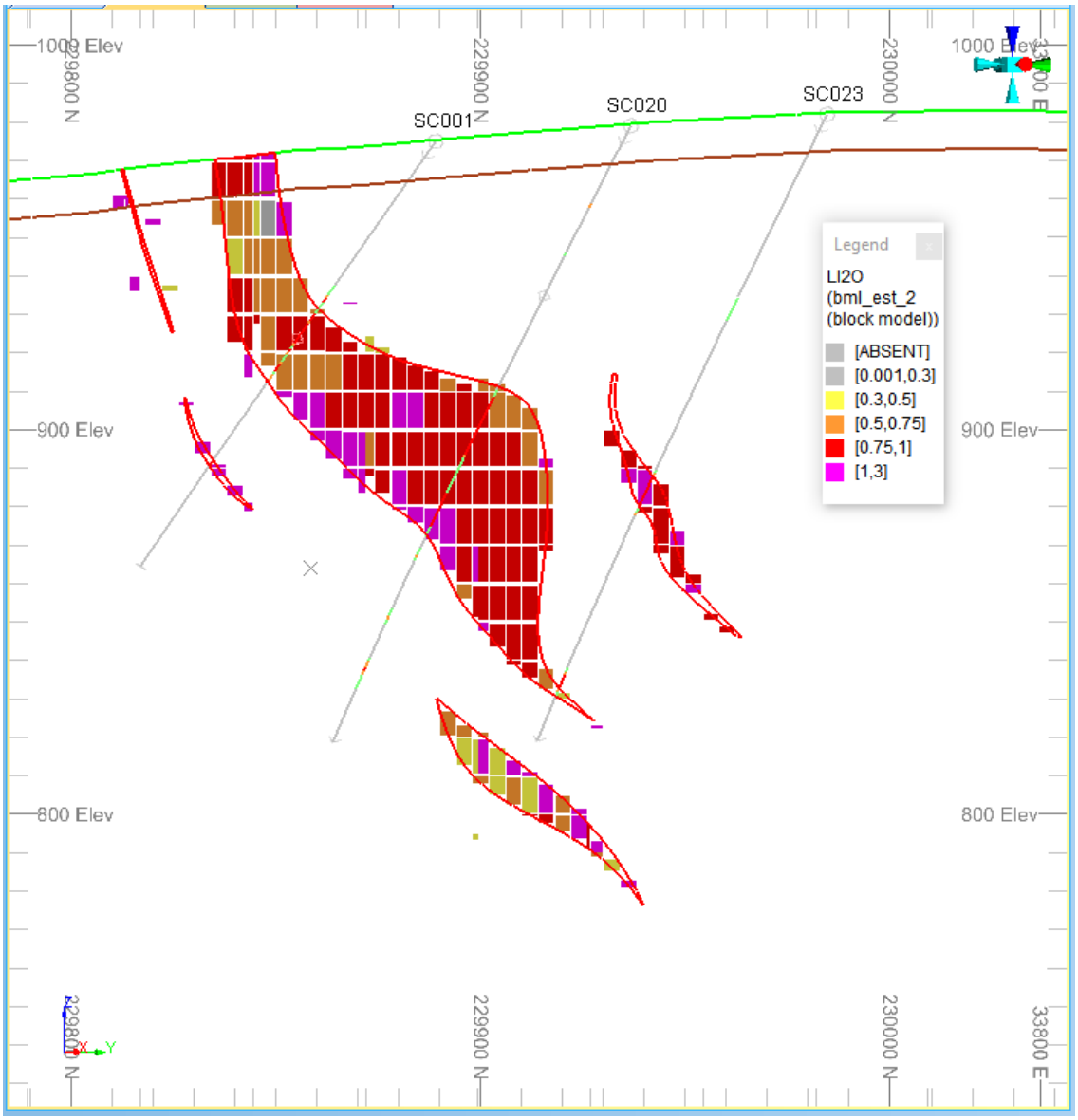


Figura 83 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O

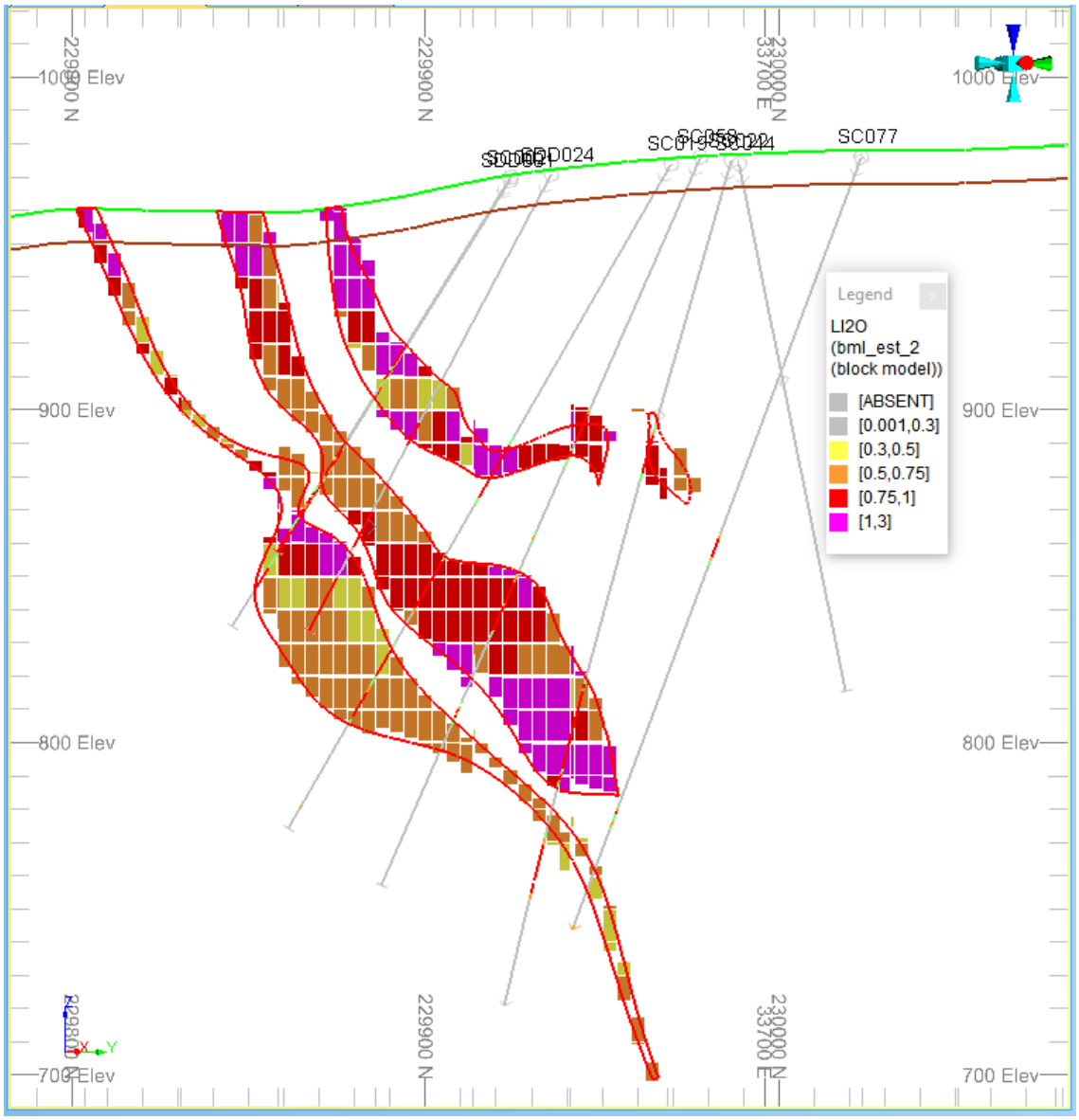


Figura 84 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O

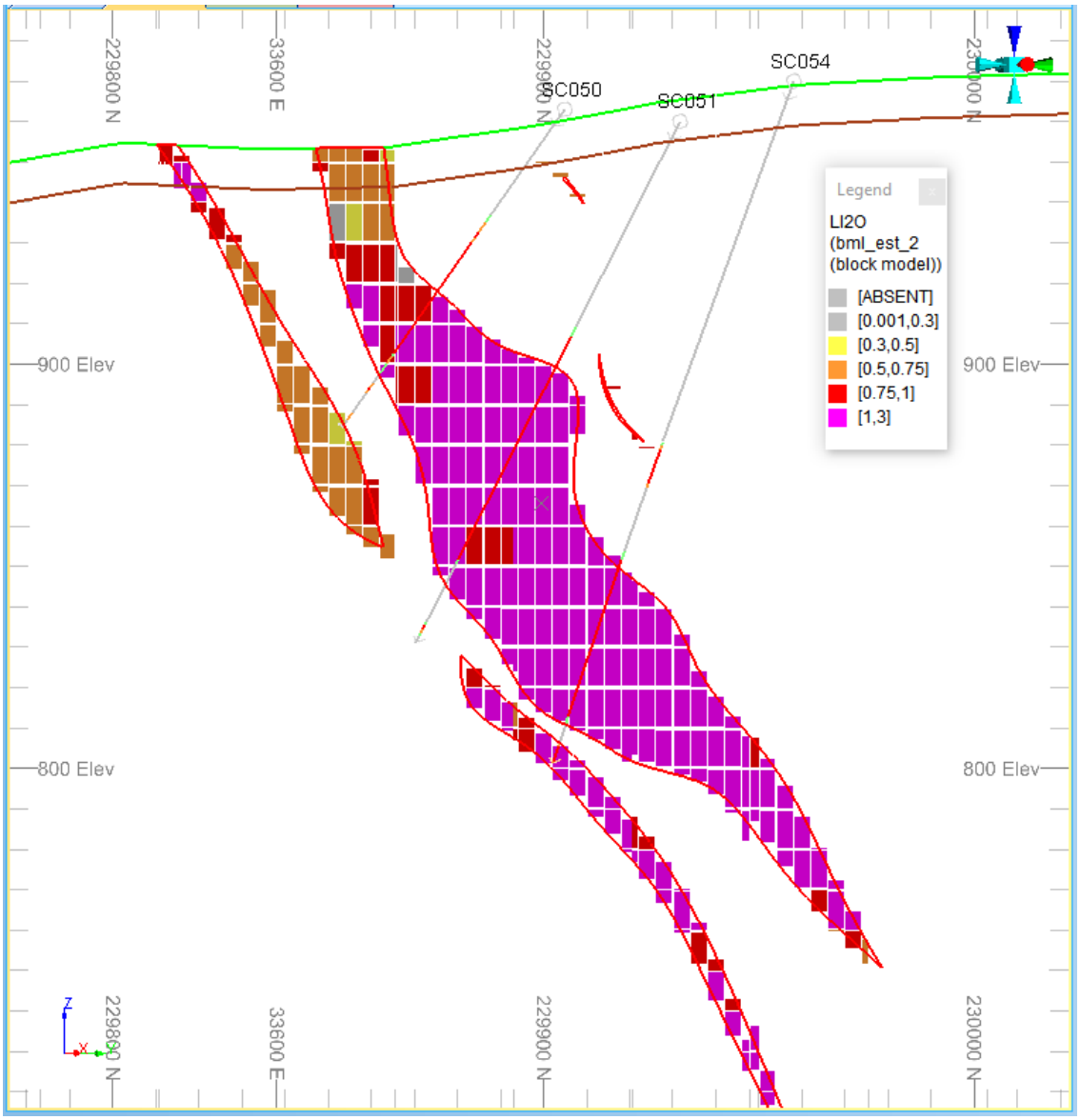


Figura 85 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O

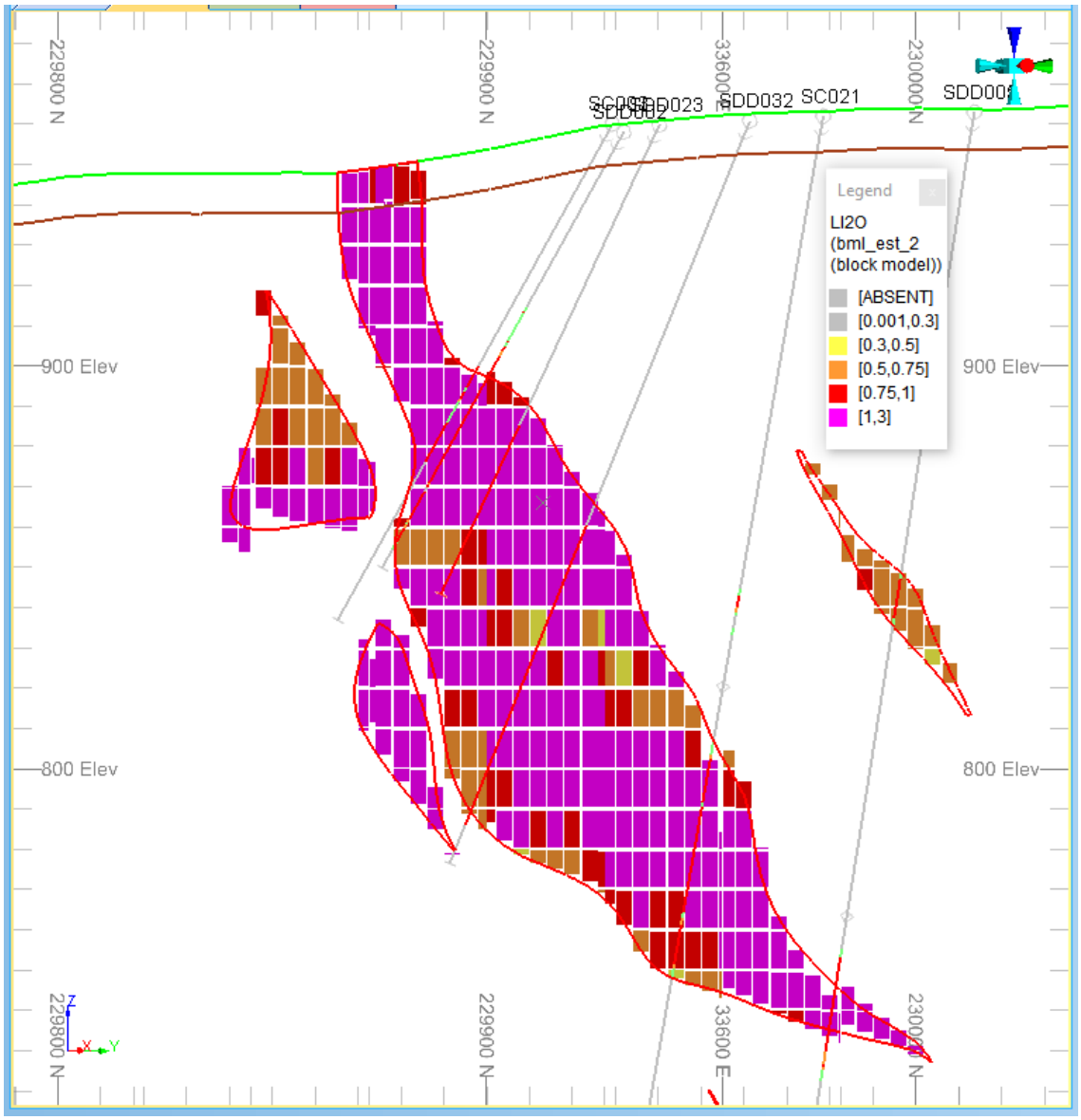


Figura 86 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O

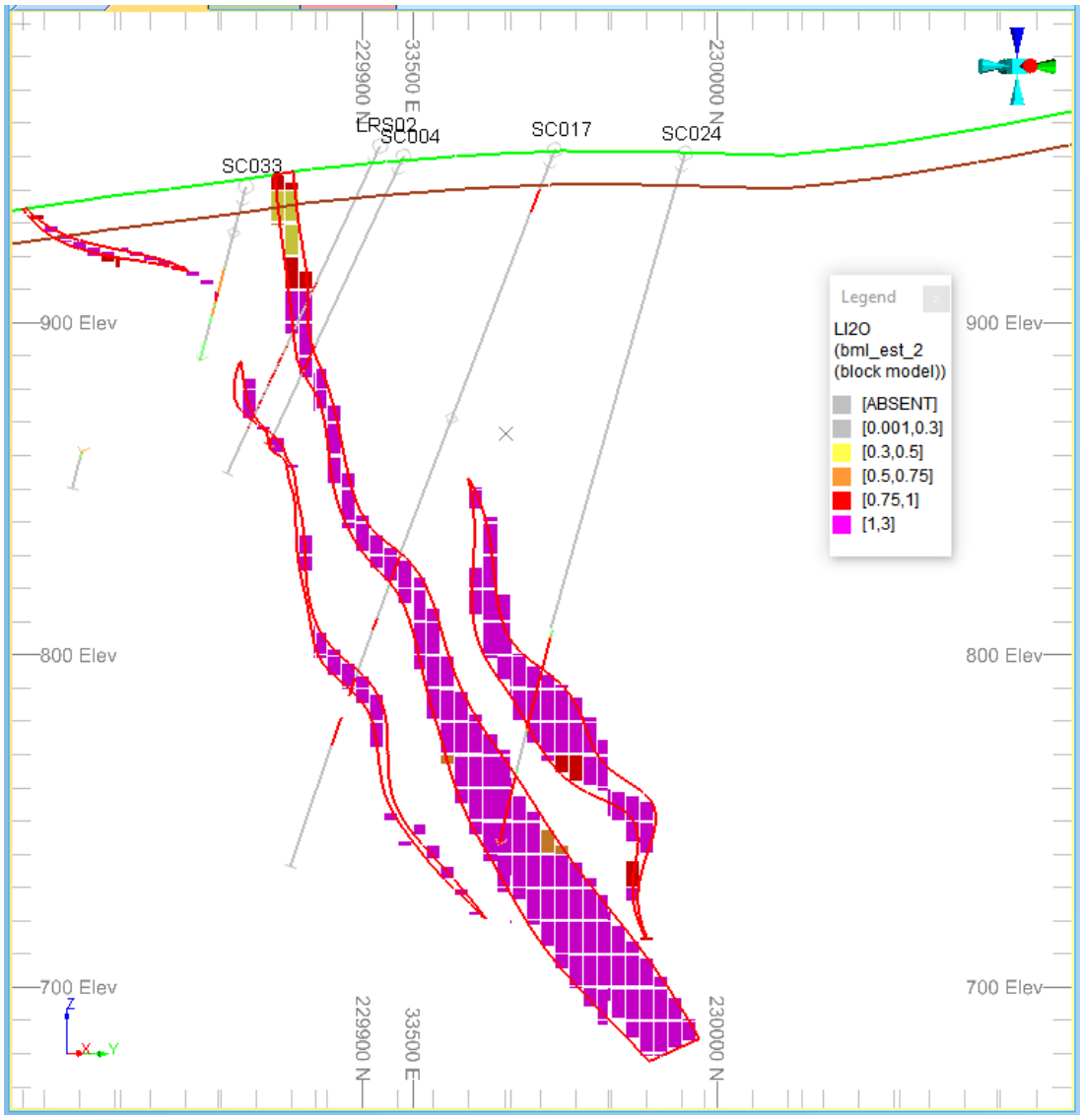


Figura 87 - Secção vertical com sólidos e modelo de blocos com teores de Li_2O

Por fim, importa mencionar que, em futura campanha de sondagens com QA/QC prevista para 2022 na envolvência do filão "Romano", muito provavelmente aumentar-se-á o recurso em cerca de 4 Mt perfazendo as 15 Mt. Na zona sul da concessão, estima-se que, a partir de dezenas de sondagens também previstas para a próxima década e os indicadores favoráveis, se possa incrementar o recurso para o dobro, ou seja para as 30 Mt com teores apreciáveis de Li_2O (Quadro 23).

Para o estudo de impacte ambiental em questão, está prevista somente a extração de 15 Mt que correspondem ao principal corpo com a designação de "Romano". Tendo por base esta premissa, e contabilizando o ROM (*Run-off-Mine*) de 1,5 Mt de minério anuais, a exploração efetiva terá uma duração de 10 anos.

Quadro 23 - Localização e tipologia, tonelagem e teores dos recursos litiníferos e outros da concessão "Romano"

Tipo	Volume de rocha pegmatítica mineralizada (ton)	Li_2O (%)
***Datamine* 2019 (filão "Romano")**	11 000 000	0,95
Sondagens 2022 (filão "Romano")	4 000 000	0,80-1,0
Zona Sul da Concessão "Romano"	15 000 000	0,80-1,2
Recursos totais	30 000 000	0,90-1,10%

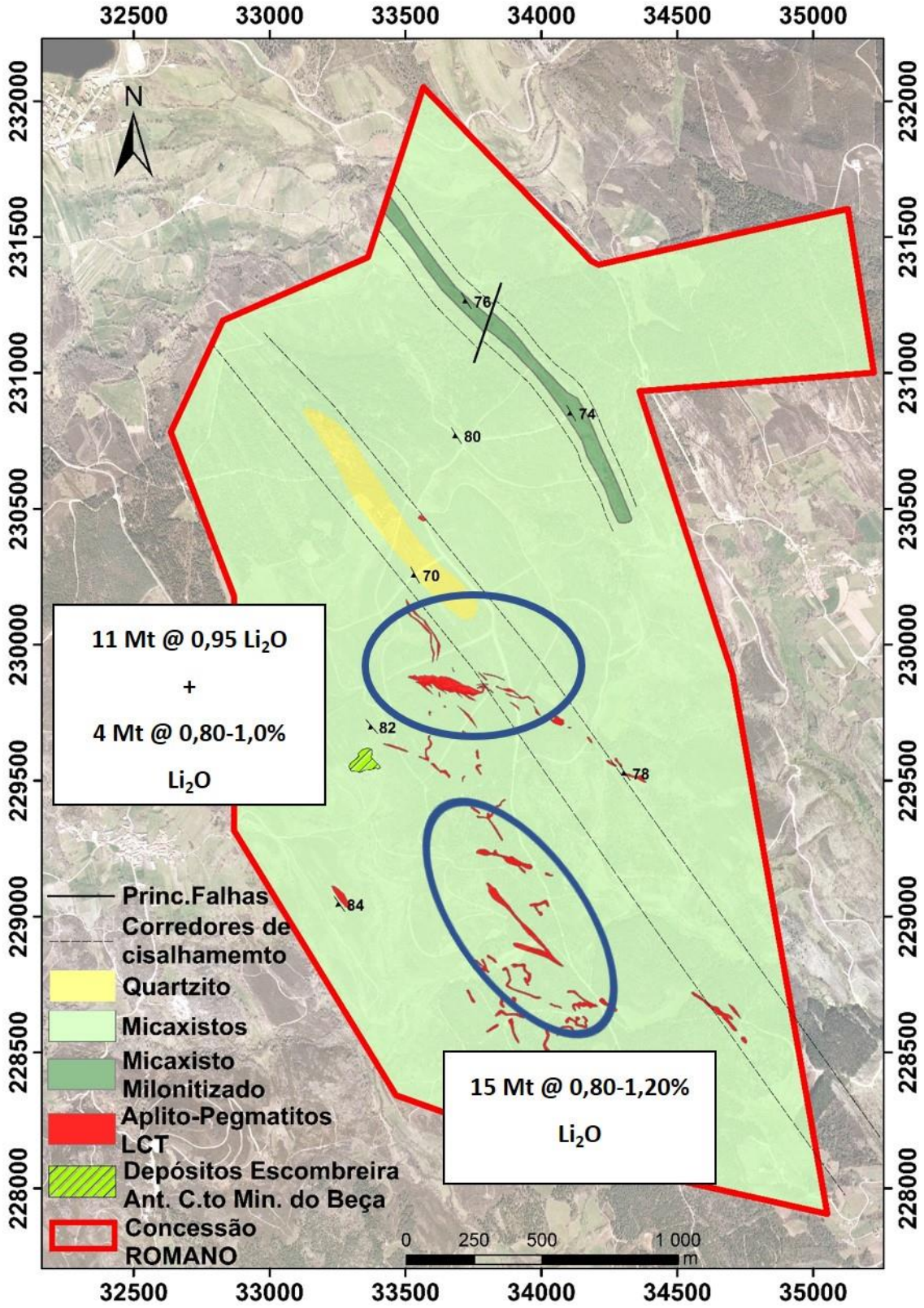


Figura 88 - Mapa geológico do bloco A da concessão "Romano", onde se assinalam as duas principais áreas a explorar e as respetivas estimativas de recursos de lítio

(Página intencionalmente deixada em branco)

Referências Bibliográficas

Arenas, R., Ibarguchi, J.G., Lodeiro, F.G., Klein, E., Martínez Catalán, J.R., Girones, E.O., Macia, J.G.P. e Peinado, M. (1986). *Tectonostratigraphic units in the complexes with mafic and related rocks of the NW of the Iberian Massif*. Hercynica II, 2, 87-100.

Černý, P. (1991). *Rare-element Granitic Pegmatites*. Part I: Anatomy and Internal Evolution of Pegmatite Deposits. Geoscience Canada, 18(2), 29-47.

Černý, P. e Ercit, T.S. (2005). *The classification of gra¬nitic pegmatites revisited*. Canadian Mineralogist, 43, 2005–2026.

Charoy B., Lothe F., Dusausoy Y. e Noronha, F. (1992). *The Crystal Chemistry of Spodumene in some Granitic Aplite-Pegmatite from Northern Portugal*. Canadian Mineralogist, 30, 639-651.

Charoy B., Noronha F. e Lima A.M.C. (2001). *Spodumene-Petalite-Eucryptite: mutual relationships and alteration style in pegmatite-aplite dykes from Northern Portugal*. The Canadian Mineralogist, 39, 729-746.

Dipe Martins, P. (2020). Geologia estrutural do Parautóctone da região de Montalegre (N de Portugal). Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

Faria, M. (2021). Geoquímica de Pegmatitos Litiníferos, e Rochas Associadas, da zona de Montalegre. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.

Farias, P., Gallastegui, G., González Lodeiro, L., Marquínez, J., Martín Parra, L.M., Martínez Catalán, J.R., Pablo Maciá, J.G. e Rodríguez Fernández, L.R. (1987). *Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafia y estructura de Galicia Central*. Mem. Mus. Lab. Miner. Geol. Fac. Ciênc. Univ. Porto, 1, 411-431.

Gomes Dias, C.A.G. (2016). *Abordagem multidisciplinar às mineralizações de lítio no Campo Aplito-Pegmatítico do Barroso-Alvão, Norte de Portugal*. Dissertação de Mestrado em Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 128.

Klein, C. e Hurlbut, C.S. (1998) *Manual of Mineralogy*, John Wiley & Sons, Revised 21st edition, 704.

Lima, A. (2000). *Estrutura, mineralogia e génese dos filões aplitopegmatíticos com espodumena da região Barroso-Alvão*. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, 270.

Lima, A. e Noronha, F. (2006). *Da génese à aplicação tecnológica dos aplitopegmatitos litiníferos da Região do Barroso-Alvão e de Almendra*. Resumos alargados do VII Congresso Nacional de Geologia, Universidade de Évora, 3, 1183-1184.

Lima, A.M.C., Vieira R.C., Martins T.C., Farinha, J.A., Noronha F.M.P. e Charoy, B. (2003). *Os filões aplitopegmatíticos litiníferos da região Barroso-Alvão (Norte de Portugal)*. Publicação do Departamento de Ciências da Terra e do Museu Mineralogia e Geologia, Universidade de Coimbra. Memórias e Notícias, 2, 173-194.

Lima, A.M.C., Vieira, R.C., Martins, T.C. e Noronha, F. (2010). Minerais de lítio. *Exemplo dos campos aplitopegmatíticos de Barroso - Alvão e Almendra - Barca D'Alva* In: Neiva, J.M.C., Ribeiro, A., Victor, M., Noronha, F., Ramalho, M. (Eds.), Ciências Geológicas - Ensino e Investigação e sua História, Vol. I - Geologia Clássica. Publicação Comemorativa do "Ano Internacional do Planeta Terra", APG, SGP, 1, 89-98.

Lopes Dias, F.C. (2016). *Lithium mineralizations of Barroso-Alvão aplite-pegmatite field*. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, 94.

Martins, T. (2009). *Multidisciplinary study of pegmatites and associated Li and Sn-Nb-Ta mineralisation from the Barroso-Alvão region*. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, 196.

Martins, T. e Lima A. (2011). *Pegmatites from Barroso-Alvão, Northern Portugal: anatomy, mineralogy and mineral geochemistry*. Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe, 36, 177-206.

McDonough, W.F. e Sun, S. S. (1995). *Composition of the Earth*. Chemical Geology, 120, 223-253.

Moura, A. e Velho, J.L. (2012). *Recursos Geológicos de Portugal*. Palimage, Coimbra, 574.

Noronha F., Ribeiro, M.A., Almeida, A., Dória, A., Guedes, A., Lima, A., Martins, H.C., Sant´Ovaia, H., Nogueira, P., Martins, T., Ramos, R. e Vieira, R. (2013) - *Jazigos filonianos hidrotermais e aplitopegmatíticos espacialmente associados a granitos (norte de Portugal)*. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds.), Geologia de Portugal, Escolar Editora, 1, 403-438.

Noronha, F. (1987). *Nota sobre a ocorrência de filões com espodumena na folha de Dornelas*. Relatório interno dos Serviços Geológicos de Portugal (não publicado).

Pereira, E., Ribeiro, A., Marques, F., Munhá, J. Castro, P., Meireles, C., Ribeiro, M.A., Pereira, D., Noronha, F. e Ferreira, N. (2006). *Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal, 1:200.000, INETI, Portugal*.

Pérez-Estaún, A., Bea, F., Bastida, F., Marcos, A., Martínez-Catalán, J. R., Martínez Poyatos, D., Arenas, R., Díaz García, F., Azor, A., Simancas, J. F. e González Lodeiro, F. (2004). *Macizo Ibérico*. In: Vera, J.A. (Ed.) Geología de España. Sociedad Geológica de España; Instituto Geológico y Minero de España, 21-230.

Ribeiro, A. (1974) - Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes Oriental. Serviços Geológicos de Portugal (Mem 24, 168p.)

Ribeiro, M.L. e Bento dos Santos, T. (2010). *A nova Carta Geológica de Portugal à escala 1:1.000.000 e a importância da cartografia geológica de base [diapositivos]*. In: Portugal Tecnológico 2010, Lisboa.

Ribeiro, A., Pereira, E. e Dias, R. (1990). *Structure in the Northwest of the Iberian Peninsula. In: R.D. Dallmeyer, E. Martínez García (Eds.), Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlim, 220-236.

Rodrigues, J. (2008). *Estrutura do Arco da Serra de Santa Comba-Serra da Garraia: Parautóctone de Trás-os-Montes*. Tese de Doutoramento em Geologia Especialidade em Geodinâmica Interna, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 308.

Rodrigues, J., Pereira, E. e Ribeiro, A. (2013). *Complexo de Mantos Parautóctones do NE de Portugal: Estrutura interna e Tectonoestratigrafia*. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J., Kullberg (Eds.) Geologia de Portugal. Escolar Editora, 1, 275-332.

Shaw, R.A., Goodenough, K.M., Roberts, N.M.W., Horstwood, M.S.A., Chenery, S.R. e Gunn, A.G. (2016). *Petrogenesis of rare-metal pegmatites in high-grade metamorphic terranes: A case study from the Lewisian Gneiss Complex of north-west Scotland*. Precambrian Research 281, 338-362.

Silva, A.J.F., Santos, J.F. e Gonçalo, L. (2018). *Petrography and Geochemistry of Sepeda Li-rich aplite-pegmatite dyke swarm (Montalegre, N Portugal)*. 28th Goldschmidt Conference, Boston, Massachusetts, EUA.

Teixeira, C., Assunção, C.T. e Coelho, A.V.P. (1969). *Carta Geológica de Portugal à escala 1/50.000*. Folha 6-B - Chaves. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Torre de Assunção, C. (1954). *Ocorrência de espodumena em Gelfa (Âncora)*. Bol, Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Lisboa, 22 (7), 29-32.

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO III – CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE EXPLORAÇÃO

ENTIDADE PROMOTORA: LUSORECURSOS PORTUGAL LITHIUM, S.A.
PARCEIRO TECNOLÓGICO: SRK CONSULTING, BASLER & HOFFMAN, PATERSON AND COOKE, STET CAT E VERMEER

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

III. CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE EXPLORAÇÃO 158

1. Introdução 158

2. Métodos de exploração estudados 162

2.1. Exploração total a céu aberto 163

2.2 Mineração subterrânea integral 166

2.3 Solução mista (exploração a céu aberto e subterrâneo) 166

3. Método de exploração a adotar – Exploração mista 169

3. 169

3.1. Exploração a céu aberto 169

3.1.1. Trabalhos preparatórios ao desmonte 169

3.1.2. Desmonte do minério 177

3.1.3. Metodologia 192

3.1.4. Equipamentos de desmonte 211

3.1.5. Ciclo de Produção 215

3.1.6. Equipamentos de ciclo de produção 219

3.2. Exploração subterrânea 238

3.2.1. Caracterização do jazigo 238

3.2.2. Acesso à mina subterrânea/Desenvolvimento e Traçagem 243

3.2.3. Desmonte do minério 249

3.2.4. Metodologia 257

3.2.5. Equipamentos de desmonte de produção 261

3.2.6. Ciclo de Produção 266

3.2.7. Equipamentos de ciclo de produção 287

3.3. Sistema de combate às poeiras 292

3.3.1. Introdução 292

3.3.2. Medidas mitigadoras 299

3.3.3. Ventilação na exploração subterrânea 299

3.4. Cronograma dos trabalhos 300

Referências Bibliográficas 305

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 89 - Simulação da corta da opção de exploração integral a céu aberto (Fonte: SRK – Datamine NPVS) 164
Figura 90 - Simulação do céu aberto integral com as dimensões principais Fonte:SRK 165
Figura 91 - Esquema conceitual da exploração mista, a céu aberto e subterrâneo 168
Figura 92 - Sequenciamento da utilização das máquinas para a mobilização do coberto vegetal 170
Figura 93 - Sequência de máquinas para correção dos terrenos e condicionamento das vias de acesso 171
Figura 94 - Vistas inclinadas, com diferentes ângulos, de cavidade originada pela antiga exploração mineira 172
Figura 95 - Levantamento de “antigas” entradas de galeria dos trabalhos ocorridos do antigo couto mineiro do Beça 174
Figura 96 - Layout das alternativas de escombreira para a concessão do Romano e das Fases do céu aberto 176
Figura 97 - Fase 1 e Fase 2 da exploração a céu aberto (Fonte:SRK e Datamine) 177
Figura 98 - Distribuição minério vs estéril nas bancadas, tendo em conta o pit final (Fonte:Datamine) 179
Figura 99 - Mapa da exploração a céu aberto a decorrer, com divisão das duas fases de exploração 180
Figura 100 - “Pushback” da primeira fase da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine) 181
Figura 101 - “Pushback” do pit final da exploração a céu aberto para otimização (Fonte:Datamine) 181
Figura 102 - Pit final – Projeto final com base na cota de nível +920,00 m (Fonte:Datamine) 182
Figura 103 - Fase inicial de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine) 183
Figura 104 - Avanço da escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine) 183
Figura 105 - Conclusão da primeira fase de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine) 184
Figura 106 - Avanço para a segunda fase de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine) 184
Figura 107 - Avanço da segunda fase de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine) 185
Figura 108 - Avanço da segunda fase de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine) 185
Figura 109 - Pit final da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine) 186
Figura 110 - Layout com a indicação das telas transportadoras e representação das soluções apresentadas para a escombreiras 187
Figura 111 - Trator e tambor de um Minerador de Superfície Vermeer T1255 Direct Drive ... 188
Figura 112 - Sequenciamento das máquinas a utilizar na exploração a céu aberto 189
Figura 113 - Identificação das duas soluções para a escombreira de depósito de estéril 191
Figura 114 - Minerador de Superfície de Precisão (Vermeer TL 1255 Terrain Leveler Single Sided Direct) 193
Figura 115 - Método de extração exemplificado com o Minerador de Superfície de Precisão 193
Figura 116 - Princípio de corte 194
Figura 117 - Impacto de bico na formação rochosa 197
Figura 118 - Comportamento perante a compressão 198
Figura 119 - Intervalos UCS de rochas e/ou formações mais comuns 199

Figura 120 - Intervalo UCS de capacidade de Mineradores de Superfície Vermeer vs. Tipo de rocha..... 201
Figura 121 - Produção estimada (ton/hora) do Minerador de Superfície Vermeer T1255III DD SS 202
Figura 122 - Configuração dos patamares de segurança na exploração a céu aberto 208
Figura 123 - Esquema ilustrativo das duas fases de exploração, com as respetivas bancadas a norte e a este, onde no final o que se encontrar dentro da linha vermelha encontrar-se-á à cota de +920,00 m (Fonte:Amberg) 209
Figura 124 - Esquema ilustrativo da exploração a céu aberto por patamares comparativamente à situação atual da topografia atual delimitada com linha preta, onde a linha vermelha a tracejado representa até à cota onde se pretende explorar 209
Figura 125 - Esquema ilustrativo em perfil da exploração a céu aberto por patamares com a intenção de deixar os patamares de segurança. Está representado esquematicamente a exploração a céu aberto. A linha vermelha representa até onde se pretende executar os trabalhos e onde ser irá extrair material 210
Figura 126 - Esquema ilustrativo em perfil da exploração a céu aberto, situação final com os patamares de segurança deixados para trás e a antiga topografia, onde a linha vermelha figura a cota plana que ficará a uma cota de 920 m 210
Figura 127 - Esquema representativo da exploração de desmonte a céu aberto 211
Figura 128 - Buldózer- Caterpillar D11T para apoio aos trabalhos iniciais 213
Figura 129 - Minerador de Superfície de Precisão (Vermeer TL 1255 Terrain Leveler Single Sided Direct)..... 214
Figura 130 - Mineração, empilhamento, carregamento e transporte do material 216
Figura 131 - Sequenciamento das máquinas a utilizar para a exploração a céu aberto..... 219
Figura 132 - Buldózer- Caterpillar D11T para apoio aos trabalhos iniciais 222
Figura 133 - Buldózer Caterpillar D8T 224
Figura 134 - Escavadora Caterpillar 992K em operação 226
Figura 135 - Pá carregadora CAT 988 228
Figura 136 - Pá carregadora-CAT 390F..... 229
Figura 137 - “Dumpers” ou camiões fora-de-estrada Caterpillar 777 no aproveitamento topográfico para o transporte de material 231
Figura 138 - Dumper Caterpillar 745..... 233
Figura 139 - Motoniveladora CAT 140H..... 234
Figura 140 - Escavadora CAT 374F 236
Figura 141 - Cilindro CAT CS74B..... 237
Figura 142 - Geometria do corpo mineral Romano. O teor de corte aplicado é definido pela concentração de lítio > 0,3% Li2O. Vista de Sudoeste (Fonte:Amberg)..... 239
Figura 143 - Descrição estatística da geometria do corpo mineral “Romano” (Fonte: Amberg) 239
Figura 144 - Método de Raise Boring..... 244
Figura 145 - O esquema ilustrativo representa o corpo geológico a cinzento. O MAS representa-se pela cor roxa e encontra-se figurado do lado direito da imagem. A vista representa-se a partir de Sudeste. Upper Orebody Ramp (UOR) e Lower Orebody Ramp (LOR), Upper Strike Galleries (USG), Frentes de produção - Cross Cuts da USG, UOR e LOR. 247
Figura 146 - Vista em planta da Rampa Principal de Acesso - MAR, para a extração do jazigo mineral 249
Figura 147 - Esquema do método LHOS transversal com utilização de CRF como “backfill” ... 251

Figura 148 - Esquema do método LHOS longitudinal com utilização de “Paste Fill” como “backfill” 252
Figura 149 - Exemplos de pilares de coroa/crown pillars e de pilares de soleira/sill pillars..... 253
Figura 150 - Esquema da extração a realizar na exploração subterrânea. UOR- Upper Orebody Ramp, USG – Upper Strike Galleries, LOR – Lower Orebody Ramp, MAS – Main Access Shaft, MAR – Main Access Ramp. 253
Figura 151 - Sequenciamento de uma frente de trabalho 258
Figura 152 - Ilustração explicativa do método de "Raise-boring" para a abertura de poços ... 259
Figura 153 - Esquema figurativo da extração na exploração em subterrâneo. UOR – Upper Orebody Ramp, LOR – Lower Orebody Ramp. 260
Figura 154 - Jumbo M2C com dois braços para perfuração das frentes de avanço 262
Figura 155 - Jumbo Boomer Boltec M6C battery para aplicação do método de (LHOS) na mina subterrânea 263
Figura 156 - Jumbo Boomer Boltec M para trabalhos de sustentação na mina subterrânea . 264
Figura 157 - Plataforma EPIROC Robbins 91/123 265
Figura 158 - Capacidade dos sistemas estabelecidos de transporte em minas subterrâneas. O círculo vermelho indica as possibilidades que serão encontradas no caso específico 267
Figura 159 - Enchimento de rocha estéril (seção transversal, esboço)..... 271
Figura 160 - Enchimento CRF (seção transversal, esboço) 273
Figura 161 - Enchimento “Paste Fill” (Exemplo) 274
Figura 162 - Taxa de extração x taxa de “backfill” (o caso da “Mina do Romano” é sobreposto como linha vermelha) 275
Figura 163 - Esquema da sequência primária-secundária de bancadas 277
Figura 164 - Taxas de produção de “backfill”..... 279
Figura 165 - Exemplo de uma central de Paste Fill 281
Figura 166 - Esboços ilustrativos da aplicação de pasta no CRF 282
Figura 167 - Abordagem Típica de PasteFill. Uma quantidade de “backfill” é derramado e curado para isolar a barreira do excesso de resistência necessária. Depois de curado até o limite de liquefação, o restante derramamento em massa é colocado para preencher o vazio 283
Figura 168 - “Romano” - Vista Oblíqua. Verde: Bancadas longitudinais; Laranja: Bancadas transversais 284
Figura 169 - “Romano” - Vista Oblíqua. Verde: Bancadas longitudinais; Laranja: Bancadas transversais 285
Figura 170 - Pá carregadora para subterrâneo Caterpillar R1700 XE eletric-drive..... 290
Figura 171 - Dumper” ou camião fora-de-estrada para trabalhos subterrâneos Caterpillar AD60 292
Figura 172 - Vermeer TL 1255 Terrain Leveler Single Sided Direct em funcionamento com enfâse para as mangueiras de evacuação do aspirador de poeiras (indicado pelas setas amarelas)..... 294
Figura 173 - Vermeer TL 1255 Terrain Leveler Single Sided Direct em perfil com enfâse para os coletores de poeiras (indicado pela seta amarela) 294
Figura 174 - Imagem esquerda: Vermeer TL 1255 com coletores de poeiras desativados; Imagem direita: Vermeer TL1255 com os coletores de poeiras ativados..... 295
Figura 175 - Trator Deutz-Fahr 9340 TTV Agrotron onde será acoplada a cisterna da marca joskin 296
Figura 176 - Cisterna Joskin a ser acoplada ao trator 296

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 24 – Quadro síntese da exploração a céu aberto.*kt- quilotoneladas 178
Quadro 25 - Aplicações e índices UCS para Mineradores de Superfície Vermeer 197
Quadro 26 - Resultados do primeiro conjunto de amostras de compressão UCS 203
Quadro 27 - Resultados do segundo conjunto de amostras de compressão UCS 203
Quadro 28 - Índice de emissão de gases para D11T 212
Quadro 29 - Quadro de emissão de gases da Vermeer TL1255 215
Quadro 30 - Máquinas a utilizar nos trabalhos a decorrer na exploração a céu aberto para exploração, correção do terreno e deposição nos locais apropriados 220
Quadro 31 - Sequenciamento dos trabalhos na exploração a céu aberto 221
Quadro 32 - Valores de emissão de gases para CAT D8 224
Quadro 33 - Valores de emissão de gases para CAT 992K 226
Quadro 34 - Valores de emissão de gases para CAT 988K 227
Quadro 35 - Valores de emissão de gases para CAT 390F 229
Quadro 36 - Valores de emissão de gases para CAT 777G 231
Quadro 37 - Valores de emissão de gases para CAT 745 232
Quadro 38 - Valores de emissão de gases para CAT 140H 234
Quadro 39 - Valores de emissão de gases para CAT 374F 235
Quadro 40 - Valores de emissão de gases pela CAT CS74B 237
Quadro 41 - Quadros de resultados RCU, Índices e classificação RQD 240
Quadro 42 - Valores obtidos nas sondagens realizadas pela Lusorecursos 242
Quadro 43 - Volumetria em BCM do material a desmontar da construção das infraestruturas de apoio à exploração subterrânea 254
Quadro 44 - Máquinas a usar no desmonte das frentes de trabalho nas galerias subterrâneas 261
Quadro 45 - Sequenciamento dos trabalhos subterrâneos 288
Quadro 46 - Máquinas a utilizar no ciclo de produção da exploração subterrânea 289
Quadro 47 - Índice de emissão de gases CAT AD60 291
Quadro 48 - Avaliação do grau de perturbação gerada 297
Quadro 49 - Valor republicado segundo o Decreto Lei nº47/2017 de 10 de maio 297
Quadro 50 - Turnos na extração a céu aberto 300
Quadro 51 - Turnos na extração em subterrâneo 301
Quadro 52 - Turnos no processo industrial 301
Quadro 53 - Turno único outras atividades 301
Quadro 54 - Cronograma dos trabalhos a serem realizados ao longo do tempo de vida útil da mina 303

(Página intencionalmente deixada em branco)

III. CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE EXPLORAÇÃO

1. Introdução

Desde 2012 que foram realizados trabalhos de investigação, levantamentos de campo e sondagens em toda a área da concessão e especialmente desde 2016, no já reconhecido corpo principal do Bloco A (denominado de "Romano"), onde estão situados os vestígios e passivo ambiental do antigo Couto Mineiro do Beça. Foram aí confirmadas várias zonas mineralizadas com teores elevados em lítio e estanho tendo-se desenvolvido trabalhos que identificaram a localização das áreas a explorar prioritariamente e que se estendem a profundidades apreciáveis. Essa área prioritária localiza-se à superfície nas áreas envolventes das cortas antigas do Couto Mineiro do Beça, incluindo galerias antigas nessa mesma zona e ainda a norte uma corta maior em profundidade, já identificadas anteriormente.

A considerar para os melhores métodos de exploração a executar, a zona de defesa indica algumas condicionantes principais na área de concessão, como linhas d'água, galerias ripícolas e lameiros, bem como algumas outras infraestruturas. Todos estes atributos são relevantes para a defesa da área de concessão, contra incêndios e outras intempéries que podem afetá-la de alguma forma. Assim, prevê-se que base nessas premissas, a exploração a céu aberto como solução única a adotar, tornar-se-ia inviável do ponto de vista dos diversos impactes que acarretaria para o meio ambiente e a situação atual do território.

A definição das estruturas que se impõem como zona de defesa, ou como apoio a esta, foi obtida a partir de documentos já existentes e adaptados para a realidade da área concessionada, bem como outros que foram criados pelo projeto. No caso, um dos maiores contribuintes para estes dados foi o Plano Diretor Municipal (PDM) de Montalegre, que indicou algumas condicionantes que foram utilizadas como base para determinar as principais estruturas, como linhas d'água e zonas ripícolas, lameiros e eventuais infraestruturas presentes na zona concessionada. No entanto outras informações foram concebidas pelo próprio projeto, como os caminhos e outras infraestruturas já existentes ou a serem elaboradas. É importante afirmar que alguns caminhos foram planeados com a função de poderem funcionar como vias que podem também ser utilizados como linhas corta-fogo, por exemplo.

A Lusorecursos estabeleceu parceria com várias entidades com relevância mundialmente reconhecida. A Lusorecursos, faz-se acompanhar e procurou sempre as melhores empresas

dentro do amplo leque de entidades. Apresentam-se sucintamente todas as mesmas que contribuíram em muito no apoio técnico para que as preocupações que a concessionária pretende que sejam explicitadas sejam resolvidas de todas as formas, desde as mais variadas preocupações ambientais, paisagísticas até ao cumprimento das suas obrigações legais e contratuais e também das boas práticas.

Assim sendo, de forma concisa, apresentam-se as seguintes entidades: SRK consulting, Basler & Hofmann, Patterson & Cooker, STET/Caterpillar, Vermeer e a Epiroc.

O Grupo SRK consulting (https://www.srk.com/en/), é uma empresa altamente especializada em projetos de engenharia, com diversos projetos mineiros ao redor do mundo, possuindo nos seus quadros mais de 1.400 funcionários, oferecendo experiência em uma ampla gama de recursos e disciplinas de engenharia com 45 escritórios localizados em seis continentes. O Grupo SRK é independente e fornece aos clientes as ferramentas necessárias e conselhos para auxiliá-los na tomada de decisões cruciais. A SRK tem um histórico comprovado na realização de avaliações independentes de recursos e reservas, avaliações e auditorias de projetos, Relatórios de Peritos Minerais, Relatórios auditados por Pessoas Competentes (*Competent Person*), Auditorias de Recursos Minerais e Conformidade de Reservas de Minério, Avaliação Independente de Relatórios e avaliações de viabilidade independentes para padrões financiáveis em nome da exploração e empresas de mineração e instituições financeiras em todo o mundo. A empresa SRK também trabalhou com um grande número de grandes empresas internacionais de mineração, no qual para este projeto em concreto, trabalhou diretamente com a Basler & Hofmann e ainda com a Patterson & Cooke para articulação das melhores metodologias mineiras em consonância com a solução de backfill pretendida.

A Basler & Hofmann (https://www.baslerhofmann.ch/en/home.html) é uma empresa independente de engenheiros consultores fundados em 1963 e que emprega cerca de 500 funcionários em escritórios na Suíça, Alemanha, Singapura e Eslováquia. A empresa tem diversas certificações ISO9001 e ISO14001 e tem como princípios fundamentais:

- Competência profissional e confiabilidade;
- Qualidade e sustentabilidade;
- Eficiência em custos e operação.

A Basler & Hofmann fornece serviços de planeamento, suporte a projetos, design e implementação nas seguintes áreas:

- Engenharia Estrutural - Edifícios e Estruturas, Pontes, Conservação de Valor, Dinâmica Estrutural;
- Fundações e estruturas subterrâneas - Geotecnia, Túneis, Fundação engenharia, engenharia ferroviária;
- Meio ambiente e transporte - Proteção Ambiental e Tecnologia, Transporte e Planejamento Urbano, Água;
- Infraestrutura e segurança - infraestrutura, sistemas GIS, estradas e rodovias, segurança e sociedade;
- Energia e Tecnologia - Serviços de Construção, Tecnologias de Construção, Instalações Gestão, Tecnologia da Informação.

O grupo Patterson & Cooke (https://www.patersoncooke.com/) é uma empresa especializada em diversos tipos de "backfill" para variados projetos, tais como: "pastefill", enrocamento cimentado e projeto de sistema de enchimento hidráulico e operação. A empresa realiza investigações dos materiais e, de seguida, projeta os processos, a rede de tubagens de distribuição considerando os comportamentos reológicos, geotécnicos e outros dos materiais. Esses estudos, garantem a integração completa entre o layout e o sistema de transporte. Com foco na reutilização dos estéreis e rejeitados para enchimento dos diversos desmontes terminados, a empresa projetou os mais diversos cenários de bombagem dos rejeitados da Central de backfill até ao local de aplicação do mesmo nos desmontes subterrâneos findados.

Em termos de projetos de grande porte, a Patterson & Cooke está a executar projetos de viabilidade, engenharia básica e detalhada para clientes em todo o mundo. No âmbito desses projetos notáveis atuais, destacam-se a Lundin Gold para a conclusão de um estudo de viabilidade NI 43-101 para o projeto Fruta del Norte no Equador e o projeto básico de engenharia de dois sistemas de Backfill na mina de Aljustrel, em Portugal. Outros projetos notáveis, incluem a engenharia detalhada, recentemente concluída de Newmont's Leeville em sistema de pastefill em Nevada, que agora avançou para construção e comissionamento com os mesmos parceiros. Concluíram também o sistema de pasta Voisey's Bay FEL3 estudo para a Vale, e ainda em projetos de lítio em concreto, um estudo de pré-viabilidade para o projeto de Lítio-Borato Jadar da Rio Tinto na Sérvia.

A Epiroc (https://www.epiroc.com/) é uma empresa líder mundial no seu segmento, que desenvolve equipamentos de exploração mineira e de infraestruturas para as mais diversas finalidades. Através de desenvolvimento de alta tecnologia, a Epiroc desenvolve e produz sondas de perfuração inovadoras, seguras e sustentáveis, equipamentos e ferramentas para

escavação e construção de rochas. Além disso, a empresa fornece serviços para facilitar a operação dos equipamentos e automação dos mesmos. A Epiroc investiga e propõem sempre novas tendências e tecnologias de modo a estar na vanguarda das evoluções tecnológicas, como a utilização de equipamentos elétricos, que utilizam baterias de ião lítio, e pás carregadoras para a exploração subterrânea, por exemplo. A Lusorecursos compartilha alguns valores com a Epiroc, procurando sempre estar na vanguarda dos avanços tecnológicos para as suas máquinas e, por isso, estabeleceu parceria com esta empresa líder no mercado.

A *Vermeer* (https://www.vermeer.com/LA/en/N) é uma empresa norte-americana que produz equipamentos para diversos ramos industriais e agrícolas, possuindo uma panóplia de equipamentos com as mais variadas finalidades. Com este conceito de diversificação de produção, a empresa apresenta uma tendência de inovação muito intensa, que visa apresentar diferentes soluções para os seus clientes. No seguimento com esta tendência inovadora, surgiram equipamentos dinâmicos e de alta tecnologia para as mais diferentes necessidades. Entre estes, destaca-se um equipamento desenvolvido exclusivamente para a indústria de extração mineira, o minerador de superfície. A Lusorecursos visa sempre os maiores avanços tecnológicos existentes no mercado, na procura dos parceiros que apresentem as soluções mais inovadoras no segmento. Assim, estabeleceu-se colaboração com a Vermeer para a utilização do minerador de superfície devido às grandes funcionalidades dos seus equipamentos, nomeadamente a nível de redução de poeiras, na exploração a céu aberto.

A Stet/Caterpillar é a representante portuguesa da Caterpillar. Esta é uma empresa líder no seu segmento, que possui renome global na produção de máquinas e equipamentos para construção e diversos tipos de obras, bem como na exploração mineira a céu aberto e subterrânea, por exemplo. A Caterpillar produz uma ampla gama de produtos, desde máquinas escavadoras, camiões transportadores de larga escala (“dumpers”), buldózeres, pás carregadoras, entre outros. Com mais de cem anos de experiência, a Caterpillar possui competência e desenvolveu conhecimento e tecnologia para inovar e melhorar as capacidades técnicas dos equipamentos, destacando alguns equipamentos elétricos, com baterias de ião lítio. Assim, a Lusorecursos procurou estabelecer parceria com esta empresa líder de mercado, compactuando com as práticas para a exploração mineira mais eficiente, segura e com menor impacte.

2. Métodos de exploração estudados

Face aos recursos mineiros identificados foram ponderadas várias alternativas para o tipo de exploração tendo sido analisada a possibilidade desta ser desenvolvida essencialmente com três tipos de abordagem:

- Exploração total a céu aberto;
- Mineração subterrânea integral;
- Opção mista, ou seja, utilização parcial de exploração a céu aberto e exploração subterrânea.

Muito ponderadas foram todas as circunstâncias, situações e características particulares da concessão "Romano" e, se bem que optar por unicamente explorar a céu aberto pudesse ou possa, numa primeira abordagem, parecer tentador devido à capacidade produtiva, rentabilidade e custos que este tipo de exploração apresenta, o certo é que a Lusorecursos, em prol de provocar a menor perturbação negativa possível à situação atual na envolvente territorial e de alcançar um necessário equilíbrio e harmonia entre a sua atividade extrativa e o estado presente, melhorando-o sempre que tal se afigure possível, não escolheu essa solução única para a exploração.

Isto porque, como adiante se verá, numa perspetiva dos diversos impactes ambientais que a atividade mineira poderá causar, realçando-se a este respeito os impactes paisagísticos, de poeiras e superficiais (solo, águas, etc.), afigura-se desde logo, e por demais evidente que estes impactes em particular sejam, serão substancialmente menores no caso de uma exploração em subterrâneo quando comparada com a exploração a céu aberto.

Porém, há que atender que, tal como referido, se a tentação de optar por unicamente explorar a céu aberto assenta basicamente nos custos substancialmente inferiores aos que uma exploração em subterrâneo invariavelmente acarreta, é importante realçar que a Lusorecursos, ainda assim, não cedeu de imediato a tal tentação.

De facto, envidou todos os esforços que podia e obteve aconselhamento de entidades credíveis para o estudo de todos os cenários possíveis, analisando todas as potencialidades, fraquezas, vulnerabilidades e vantagens de cada tipo de mineração. Deste modo, a Lusorecursos, com o apoio dessas mesmas entidades e consultores apurando as melhores metodologias mineiras e tentando exaustivamente que o tipo de exploração pudesse ser

pratica e exclusivamente em subterrâneo acabou por concluir que tal, pelo menos numa primeira fase, não se afigura viável.

Porém em continuidade com todos esses fatores já mencionados, a área de concessão da Lusorecursos, no passado foi sujeita a uma extensiva exploração como constatado no Capítulo II (Título: "Histórico Mineiro da área de concessão"), tanto a céu aberto com cortas mineiras, como em subterrâneo. Os exemplos são variadíssimos, na concessão se pode rever o passivo ambiental deixado à Lusorecursos e que está classificado pela DGEG, como mina abandonada e com risco de segurança. Com todos estes fatos, a exploração a céu aberto para além do princípio do aproveitamento do jazigo mineral na sua totalidade, servirá também para uma eventual correção dos terrenos, onde se encontram grandes cavidades, algumas com algumas dezenas de metros de profundidade e ainda galerias abertas, entre outros.

Posto isto, tendo sempre presente tudo o acima referido e que a escolha para a exploração possa concomitantemente responder a todas as preocupações ambientais e paisagísticas, legislativas e de segurança no trabalho, entre outras, sem nunca descurar o máximo aproveitamento do jazigo mineral e o valor do recurso mineral proposto a explorar, a conclusão a que se chegou foi a da necessidade de explorar o recurso numa opção de compromisso através da conjugação de dois tipos de exploração (exploração a céu aberto e subterrânea).

De seguida, serão explanadas todas as alternativas aqui mencionadas, que conduziram a empresa concessionária do contrato de exploração, a concluir com base em critérios técnicos, paisagísticos, ambientais, sociais e económicos pela escolha mista dos critérios de exploração. De forma sucinta, apresenta-se uma breve elucidação das principais premissas técnico-económicas das alternativas abordadas para o tipo de exploração na "Mina do Romano".

2.1. Exploração total a céu aberto

Assim, começando pela abordagem de uma exploração integral a céu aberto, foram desenvolvidos por uma empresa internacional especializada (SRK) estudos e simulações dos métodos de extração do minério do filão identificado e designado como "Romano".

A simulação da corta a céu aberto foi desenvolvida utilizando o programa Datamine NPVS, que resultou numa enorme corta conforme se pode-se verificar pela Figura 89.

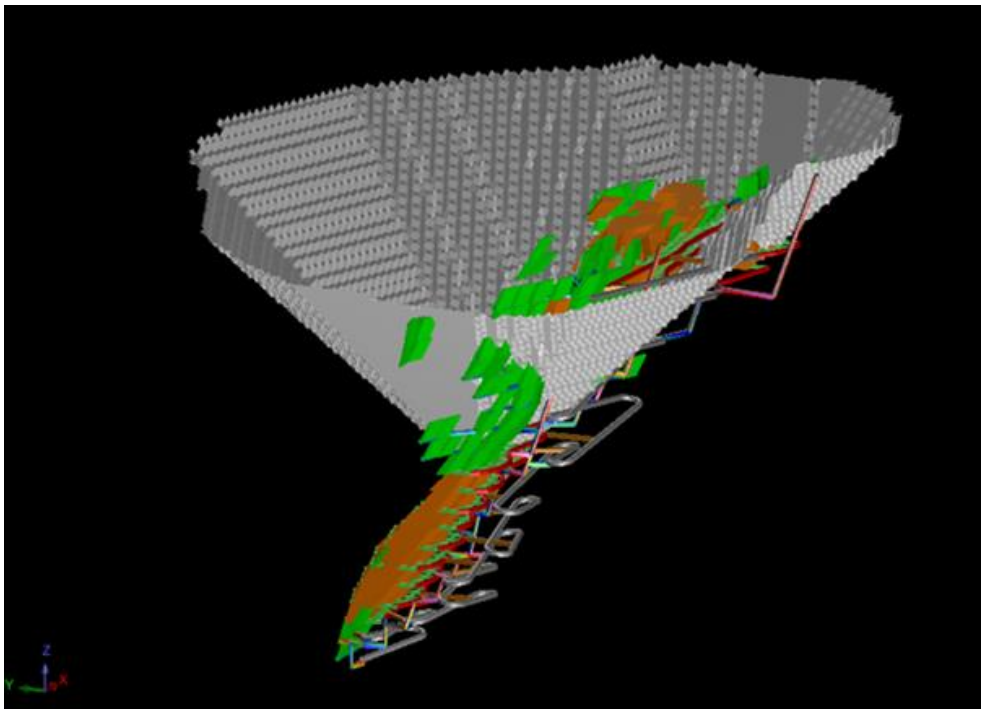


Figura 89 - Simulação da corta da opção de exploração integral a céu aberto (Fonte: SRK – Datamine NPVS)

Nesta figura estão também representados os blocos que representam o filão principal de lítio (a verde e castanho) e a estrutura das galerias principais da exploração subterrânea. Nela pode observar-se que parte muito significativa dos recursos não são possíveis de explorar com uma corta a céu aberto tendo em conta essas dimensões do "céu aberto"/Open-Pit à superfície (manchas castanhas e verdes a um nível mais profundo e na envolvente).

Na Figura abaixo, mostram-se as dimensões da corta representada na figura anterior constatando-se que a profundidade simulada é de 330 m, estendendo-se por 836 m e 624 m de largura. Trata-se assim de uma enorme corta que mesmo assim só permite a extração de 6,4 Mt de minério invés do recurso total atual estimado esse jazigo de minério.

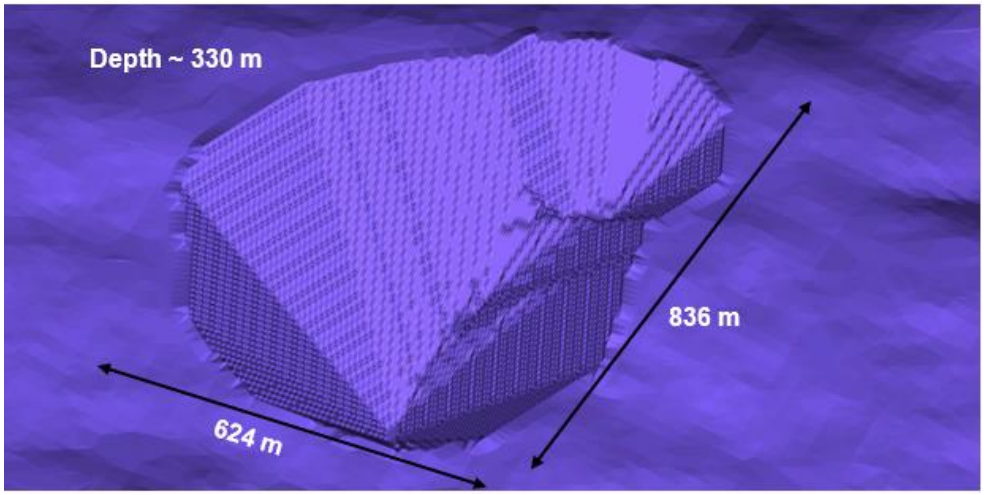


Figura 90 - Simulação do céu aberto integral com as dimensões principais Fonte:SRK

Para além disso, com esta opção serão removidos um total de 95 Mt de estéreis que teriam que ser depositados em escombreira, para as quais não haveria locais apropriados para stockar essa quantidade.

Nesta opção de exploração mineira, utilizando o modelo digital do terreno e também das escombreiras que seriam necessárias para acomodar os estéreis removidos, verifica-se que nesta situação seria necessário ocupar as duas áreas de escombreira, não sendo suficiente, com défice de 50% do volume total e apresentando-se ambas as áreas com dimensões apreciáveis. Adianta-se desde já, que na exploração mista considerada, serão consideradas duas escombreiras, de dimensões reduzidas, porém como alternativa, ou seja, em projeto será apenas utilizada uma das escombreiras.

No caso de se pretender completar a extração do minério existente no filão atual ou de novas reservas que entretanto venham a ser detetadas, a expansão da exploração teria impactes ainda muito mais elevados não só na paisagem como também em fatores ambientais como o ruído e qualidade do ar pois seria inevitável o uso de explosivos e uma maior necessidade de transportes para deposição de material estéril e circulação de maquinaria à superfície, o que daria origem a maior dispersão de poeiras e consumo de combustível.

Concluiu-se assim que, a opção de exploração integral a céu aberto apresentava impactes ambientais muito elevados e valias muito menores pelo que, este método de exploração foi abandonado.

2.2 Mineração subterrânea integral

A outra abordagem intermédia de exploração, seria uma exploração integral subterrânea. Esta é uma opção de exploração que se relevou inviável, essencialmente por uma boa parte dos recursos identificados nesta fase estarem localizados numa área entre as cotas +980,00 m e +920,00 m do antigo Couto Mineiro do Beça. Toda essa área tem um passivo ambiental significativo originado pelas cortas a céu aberto e galerias abandonadas e inacessíveis. Para além disso, para se fazer a exploração mineira subterrânea seria necessário eliminar esse passivo, o que poderia pôr em risco a segurança da futura exploração no subsolo. Assim por razões de ordem técnica, a exploração mineira subterrânea integral foi também considerada uma opção a abandonar.

2.3 Solução mista (exploração a céu aberto e subterrâneo)

Assim, quanto à exploração na concessão "Romano" esta será feita numa conjugação e articulação de uma parte a céu aberto e de outra em subterrâneo, podendo com isto dizer-se que, em matéria de exploração/mineração é de tipo misto, apresentando-se como ambientalmente mais favorável e viável tecnicamente. De facto, esta opção reúne todas as vantagens das duas opções integrais e minimiza os impactes.

Nesta opção, a exploração a céu aberto será feita apenas numa área mínima necessária, que abrange a zona central do antigo Couto Mineiro do Beça, entre as cotas +980,00 m e +920,00 m numa área total de cerca de 30 ha. A profundidade de escavação é assim relativamente baixa e o facto de se desenvolver numa encosta permite a utilização de métodos de desmonte que tornam desnecessário a utilização de explosivos e que a circulação de veículos e máquinas seja facilitada.

Com a exploração a céu aberto, parcial e delimitada, será possível eliminar o passivo ambiental da antigas Minas (corta e galerias) além de eliminar os riscos de segurança existentes e futuros. Garantirá um acesso fácil à futura exploração subterrânea que se iniciará e desenvolverá parcial e simultaneamente com o céu aberto que se concluirá em poucos anos.

A exploração subterrânea desenvolver-se-á até profundidades muito superiores ao céu aberto integral opção abandonada, permitindo a exploração do recurso geológico com impactes muito reduzidos para o exterior tanto mais que dará origem a um tráfego mínimo de veículos pesados pois permitirá a utilização de telas transportadoras e uso de uma rampa para acesso

subterrâneo à Mina. Além disso, a exploração subterrânea permitirá facilitar a prospeção de novos filões de lítio na área da Concessão sem afetar o exterior nem a envolvente. Pelas várias razões acima descritas, o método de exploração mineira misto foi selecionado como a alternativa de exploração a implementar no Projeto da Mina do "Romano".

A solução mista, apresenta variadíssimas vantagens pois obliviar-se-á uma panóplia de preocupações ambientais, paisagísticas, etc., típicas de uma opção unicamente a céu aberto e não acarretará os custos mais elevados que uma opção exclusivamente em subterrâneo.

Convém desde já realçar que, se em cumprimento das suas obrigações legais e contratuais e também das boas práticas, a Lusorecursos deve, no termo da exploração, proceder à recuperação ambiental e paisagística das zonas afetadas como resultado dos trabalhos mineiros, é sua determinação que tal recuperação, em especial no que ao céu aberto se refere, ocorra não só no fecho da mina, mas, sim e também, durante toda a vida da mina, em modo tão rápido quanto possível e logo após, nas áreas, onde os respetivos trabalhos, tenham sido dados como terminados.

Para ilustrar tudo isto apresenta-se desde já um esquema, o qual pretende ser sucintamente explicativo acerca do conceito de exploração "mista.

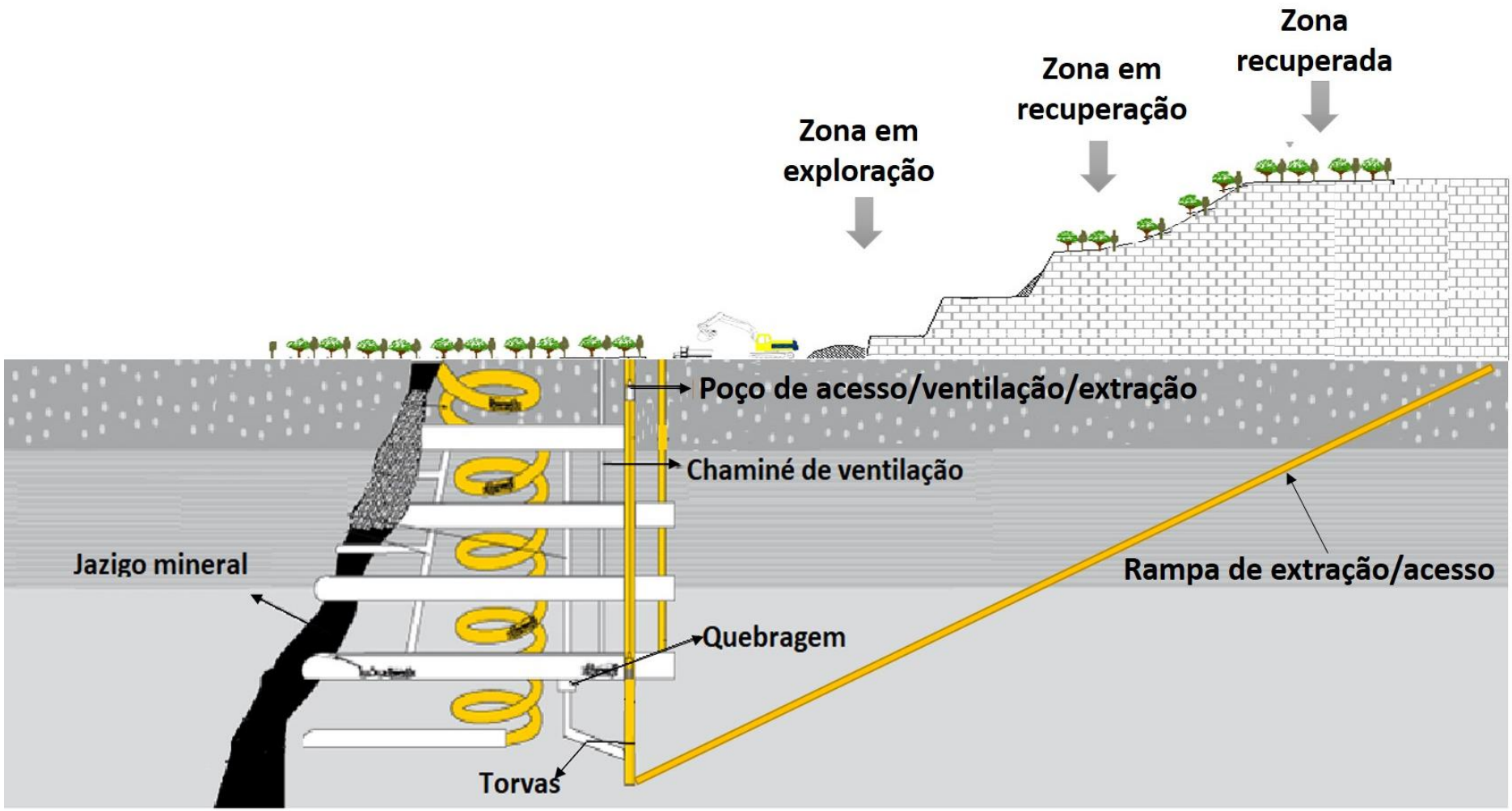


Figura 91 - Esquema conceitual da exploração mista, a céu aberto e subterrâneo

3. Método de exploração a adotar – Exploração mista

Neste capítulo apresenta-se os métodos de exploração a céu aberto e subterrâneo que compõem a solução mista de exploração a realizar-se na concessão do "Romano".

A solução a céu aberto, consiste na redução da topografia atual, onde decorrerão ações preparatórias ao desmonte, assim como o desmonte a céu-aberto que ocorrerá por bancadas, sendo o material encaminhado para uma primeira zona adjacente (edifício de minério bruto e edifício de britagem) de onde seguirá para o Complexo de Anexos Mineiros, em caso de minério, ou para a área de deposição de material estéril (micaxisto).

Por outro lado, a exploração subterrânea, em função da geometria do corpo mineralizado, far-se-á segundo métodos de exploração seletivos que visam a menor extração de estéril possível, promovendo a recuperação máxima de minério.

3.1. Exploração a céu aberto

Assim, em primeiro lugar descrevem-se alguns pontos fulcrais que representam a componente de exploração a céu aberto a realizar na concessão do "Romano", nomeadamente, os principais trabalhos e metodologias adotadas. Os métodos aqui apresentados, representam as metodologias com menores impactes ambientais, no que diz respeito a diversos descritores.

3.1.1. Trabalhos preparatórios ao desmonte

3.1.1.1. Ações preparatórias ao desmonte/exploração

Todas as operações de desmonte do minério que se encontram planeadas terão de ser precedidas de algumas operações preparatórias. Prevê-se que dentro das normas de segurança sejam realizadas todas as atividades de modo a rentabilizar o depósito mineral em questão e mitigar os efeitos colaterais que o desmonte possa provocar ao ambiente.

Ainda antes de se iniciar a exploração propriamente dita, é necessário limpar o terreno, retirar as camadas superficiais de vegetação e solo e melhorar as existentes e abrir as vias de acesso necessárias. Outras operações, tais como a construção de infraestruturas várias (instalação de serviços de apoio aos trabalhos, sistemas de abastecimento de combustível, água e outros, redes de eletricidade e esgotos e outras instalações para o Complexo de Anexos Mineiros (CAM), tal como locais para proceder à traçagem, ETAR´s para os resíduos e água, etc.) são

necessárias. Posteriormente, no decorrer dos trabalhos, está planeada a reflorestação dos locais, de forma a mitigar os impactes ambientais resultantes da exploração mineira.

No que concerne à exploração a céu aberto, irão ser executados algumas operações preparatórias, antes da exploração propriamente dita ocorrer. Antecipa-se dentro de todos os parâmetros legais e de segurança que sejam realizadas todas as atividades de modo a rentabilizar o depósito mineral em questão e mitigar os efeitos colaterais que o desmonte possa provocar ao ambiente. Antes da exploração a céu aberto se iniciar, serão necessariamente efetuadas ações preparatórios ao desmonte/exploração no terreno.

Ainda antes de se iniciar a exploração propriamente dita, tem de ocorrer uma preparação do terreno (retirar as camadas superficiais de vegetação e solo) para a utilização de um minerador de superfície próprio para os efeitos exploratórios, onde previamente uma buldózer CAT D11T executará os trabalhos de terraplanagem do terreno.

Para a execução da terraplanagem equacionam-se quatro operações, sendo estas: escavação, carga do material escavado, transporte e descarga/aterro do material em local apropriado para o efeito (Figura seguinte). A esta última operação poderá agregar-se uma outra posterior, dependendo de diversos fatores, que é a compactação do mesmo no local a aterrar. Nestas tarefas serão selecionadas: para decapagem e correção do terreno a CAT D11, para carga será a CAT 390, no transporte utilizar-se-á o dumper CAT 745 devido à agilidade do mesmo e por nesta fase o terreno ainda se encontrar acidentado (veículo articulado). Posteriormente, a CAT D8 fará a correção do aterro para plantação, enquanto que o cilindro CAT CS74 compactará os solos (Figura 92).

Figura 92 - Sequenciamento da utilização das máquinas para a mobilização do coberto vegetal

Buldózer - CAT D8T

Cilindro - CAT CS74

Figura 93 - Sequência de máquinas para correção dos terrenos e condicionamento das vias de acesso

As terras de cobertura correspondem aos primeiros centímetros de solo, com quantidade considerável de componentes orgânicos, que apresentam capacidade de sustentar e manter com vida a vegetação acima desta. Estas serão retiradas dos locais em que ocorrerão trabalhos de extração e obras, e depositadas noutro local, para possam ser repostas, a fim de recompor paisagisticamente a área.

Devido à presença de matéria orgânica é necessário que a deposição das terras de cobertura ocorra numa área plana, aberta, com suporte de água e disponibilidade solar, para que esta consiga sustentar-se e manter-se viva. Desta forma, as terras de cobertura não podem ser empilhas, pois, o solo localizado na camada inferior de um empilhamento não apresentará as condições mínimas para sustentar a matéria orgânica, o que impossibilitará a utilização desta futuramente.

Irão ser necessários trabalhos de arranque, onde a buldózer CAT D11T removerá a terra vegetal e irá preparar o terreno realizando uma terraplanagem do mesmo. Para o minerador de superfície poder extrair, será necessário remover 0,30 m de horizonte orgânico e não orgânico, mobilizando material a ser colocado para intervenção ambiental a nível paisagístico.

Assumindo que a camada de terra vegetal possui um máximo de 0,30 m (num pior cenário) de profundidade, ter-se-á na totalidade aproximadamente 303 193 m^2 x 0,30 m = 90 958 m^3 e assumindo uma densidade de 1,8 kg/m^3, obtém-se um total de 163 725 ton de terra vegetal. Por um fator de segurança e devido ao material descompactar aquando da intervenção, assume-se um fator de empolamento de 25 %, ou seja, no final o volume empolado irá representar será de 113 698 m^3. Este material será mobilizado para áreas de cobertura paisagística, sendo o excedente encaminhado e/ou vendido a operadores licenciados.

A cobertura vegetal na primeira fase apresentará aproximadamente 157 109 m^2 x 0,30 m = 47 133 m^3, assumindo a mesma densidade acima indicada de 1,8 kg/m^3, obtendo-se 84 839 ton, que considerando um fator de empolamento de 25 %, representam um volume de empolamento para a primeira fase de 58 916 m^3. Por outro lado, na segunda fase, com uma área de 146 084 m^2, serão retirados 146 084 m^2 x 0,30 m = 43 826 m^3, que representam 78 886 ton e, com o devido fator de segurança, passarão a apresentar um volume empolado de 54 783 m^3.

3.1.1.2. Localização da exploração a Céu-aberto

Como referido anteriormente, no capítulo II, no subcapítulo 4, a concessão do "Romano" foi previamente alvo de exploração intensa no século passado. Essa exploração é o resultado dos trabalhos mineiros do antigo Couto Mineiro do Beça onde, durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) e durante o período compreendido entre 1956 e 1965, foram extraídas grandes quantidades de minérios metálicos, cassiterite (óxido de estanho- SnO_2) e columbo-tantalites (óxido de nióbio– Nb e tântalo– Ta). Esses trabalhos de exploração, ocupam várias áreas dispersas na concessão, na qual perduram ainda cavidades com alguma expressão (Figura 94), acessos e galerias que representam um passivo ambiental deixado à Lusorecursos. A cavidade representada na Figura abaixo corresponde ao principal corpo geológico denominado de Romano. Esta apresenta 230 m de comprimento, 60 m de largura e ainda profundidades de cerca de 20-30 m.

Figura 94 - Vistas inclinadas, com diferentes ângulos, de cavidade originada pela antiga exploração mineira

Na Figura abaixo apresenta-se um mapa onde se encontram as antigas escavações ou cavidades, sendo que algumas permanecem abertas até aos dias de hoje. A maioria destas exibe vegetação alta e densa, não permitindo assim a sua visualização e ainda a diferenciação

dos acessos e sua continuidade horizontal subterrânea ou se são cavidades de acesso vertical exclusivamente.

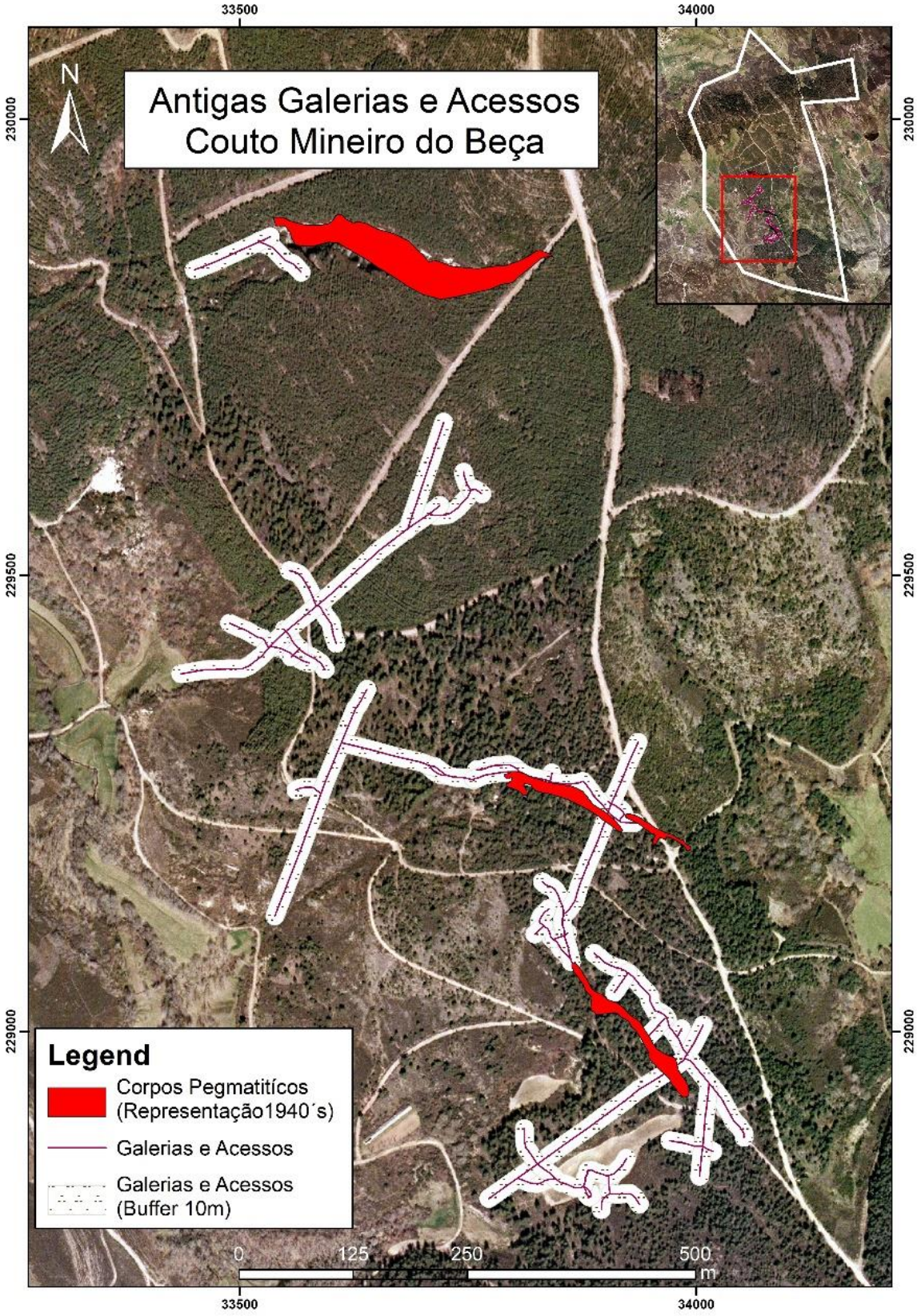


Figura 95 - Levantamento de "antigas" entradas de galeria dos trabalhos ocorridos do antigo couto mineiro do Beça

Com base nos pressupostos mencionados e ainda com base em critérios geológicos e geoquímicos definiu-se uma exploração a céu aberto que corresponde a uma área de 303 193 m^2, onde durante a exploração corrigir-se-á a topografia acidentada dos terrenos previamente explorados. A exploração pretende ainda proporcionar aos demais trabalhos subterrâneos estabilidade do maciço rochoso que sustentará as principais estruturas para a mina subterrânea, eliminando as fragilidades resultantes das explorações passadas.

No entanto, para extrair o recurso aplito-pegmatítico na exploração a céu aberto, a área referida será rebaixada até à cota de +920,00 m, perfazendo assim um desnível de cerca de 60 m (+980,00 até +920,00 m). A exploração a céu-aberto pode ser assim, subdividida em duas fases (Fase I e Fase II) de exploração (Figura seguinte), que será devidamente representada nos seguintes subcapítulos. O local respetivo à exploração a céu aberto foi definido de acordo com informações geológicas e geoquímicas, que indicam ocorrência de mineralização próxima da superfície, das sondagens realizadas durante os trabalhos de prospeção e pesquisa. Assim, a localização da exploração a céu aberto foi baseada no modelo geológico desenvolvido pela Datamine com o apoio técnico da SRK.

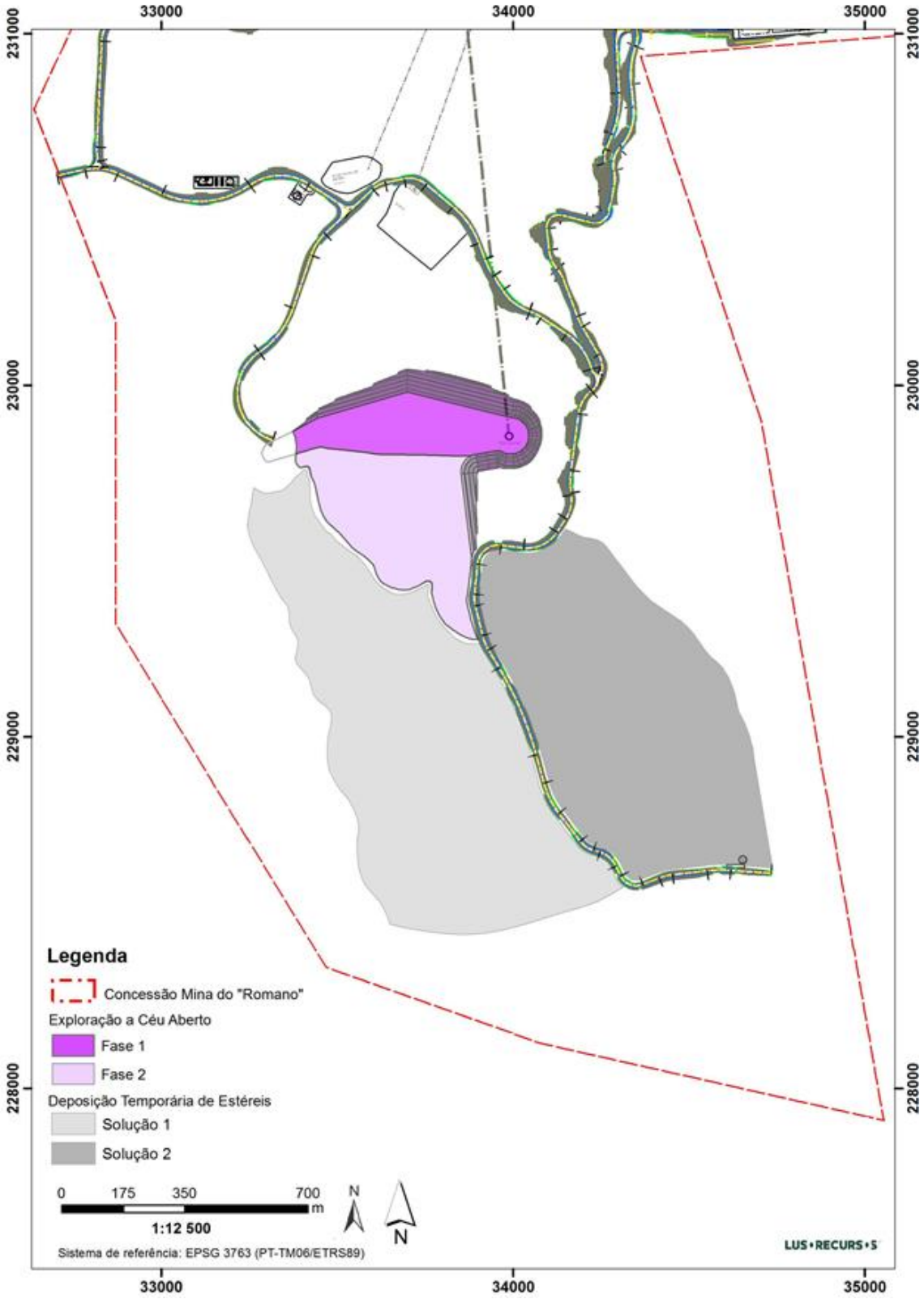


Figura 96 - Layout das alternativas de escombreira para a concessão do Romano e das Fases do céu aberto

3.1.2. Desmonte do minério

3.1.2.1. Descrição do Método de Desmonte a Céu-aberto

A exploração a céu-aberto ocorrerá em bancadas/degraus de dez metros (10 m) de altura, com um ângulo de talude de 55° do qual resultará um patamar/banqueta de cinco metro (5 m), onde não circularão veículos. As bancadas serão exploradas em planos, onde toda a zona de exploração será extraída até à cota topográfica de +920,00 m. Desta maneira, no final da exploração, toda esta zona ficará nivelada à mesma cota (+920,00 m).

Os projetos da Fase 1 e da Fase 2 são apresentados na Figura 97, com os respetivos inventários de minério no quadro abaixo. O projeto da Fase 1 corresponde à maior parte do minério da exploração a céu aberto final, enquanto a Fase 2 corresponde à obtenção da cota +920,00 m.

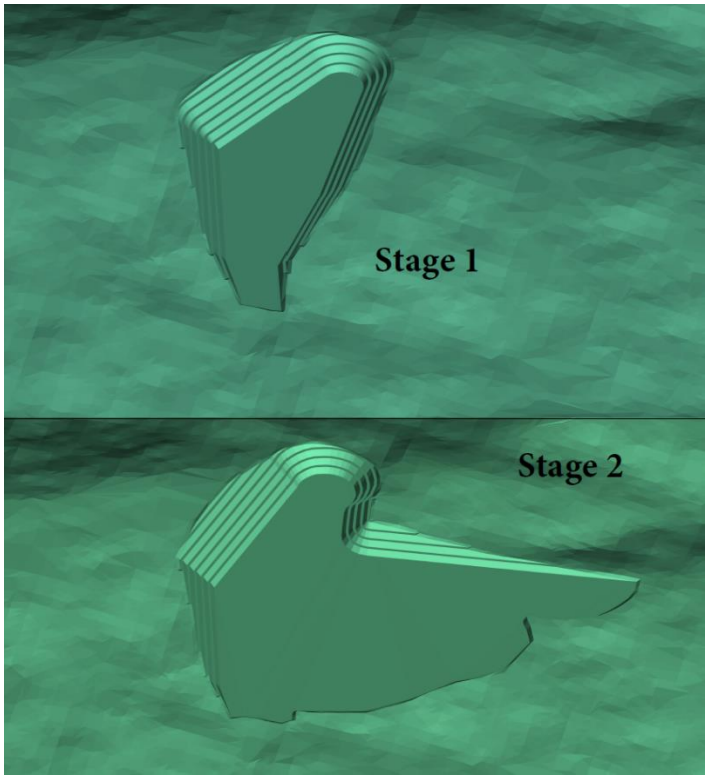


Figura 97 - Fase 1 e Fase 2 da exploração a céu aberto (Fonte:SRK e Datamine)

A exploração a céu aberto, está segmentada em duas fases (Fase I e Fase II). Durante a fase I, ocorrem diversas atividades em sequência, tais como Fase I a) preparação dos terrenos e abertura de vias de circulação; Fase I b) organização florestal, construção de patamares de ordenamento e recuperação do território; Fase I c) desmonte do céu-aberto correspondente à Fase I; Fase I d) início da construção das infraestruturas subterrâneas; Fase I e) inicio da construção das plataformas Boca da Rampa, Britagem e Complexo de Anexos Mineiros.

Na totalidade das Fases I e II, serão exploradas cerca de 22 418 000 ton (8 967 200 m^3) de rocha, conforme quadro abaixo. Concretamente, no que diz respeito à Fase I, serão desmontadas 13 737 000 ton (5 494 800 m^3) de rocha extraída, que corresponde a cerca de 691 000 ton (276 400 m^3) de minério (rocha pegmatítica) e as restantes 13 046 000 ton (5 218 400 m^3) de estéril (rocha micaxística). Na Fase II da exploração a céu aberto, estão totalizadas 8 681 000 ton (3 472 400 m^3), às quais correspondem 2 000 ton (800 m^3) de minério (rocha pegmatítica) e as restantes 8 679 000 ton (3 471 600 m^3) de estéril (rocha micaxística).

A exploração a céu aberto a ter início em 2023, terá um período de execução das duas fases de seis anos, terminando no ano de 2028. A exploração subterrânea terá início no final do 3º ano da exploração a Céu aberto, ou seja, está prevista começar no ano de 2025.

Quadro 24 – Quadro síntese da exploração a céu aberto.*kt- quilotoneladas

Fase	"Stripping Ratio"	Total Rocha	Total Estéril	Total minério	Li_2O	Fe_2O_3	Sn
	(t:t)	(kt)	(kt)	(kt)	(%)	(%)	(ppm)
1	18.9	13,737	13,046	691	2.38	2.33	330
2	3,993	8,681	8,679	2	2.64	3.49	554
Total	**31.3**	**22,418**	**21,724**	**693**	**2.38**	**2.34**	**330**

Após a exploração a céu aberto, os trabalhos de exploração subterrânea terão seguimento, onde os corpos aplito-pegmatíticos, segundo o "Exploration target" seguir-se-á a exploração das restantes 14 307 000 toneladas na exploração subterrânea, totalizando o projeto em 15 000 000 toneladas.

Tendo em conta este cenário, com um ROM de 1,5 Mt, a exploração total, terá uma duração prevista da exploração de 10 anos, exceptuando os anos implícitos de construção, resultando num projeto de 13 anos, caso os trabalhos de prospeção geológica não proporcionem um aumento dos recursos atuais implícitos para este Estudo de Impacte Ambiental.

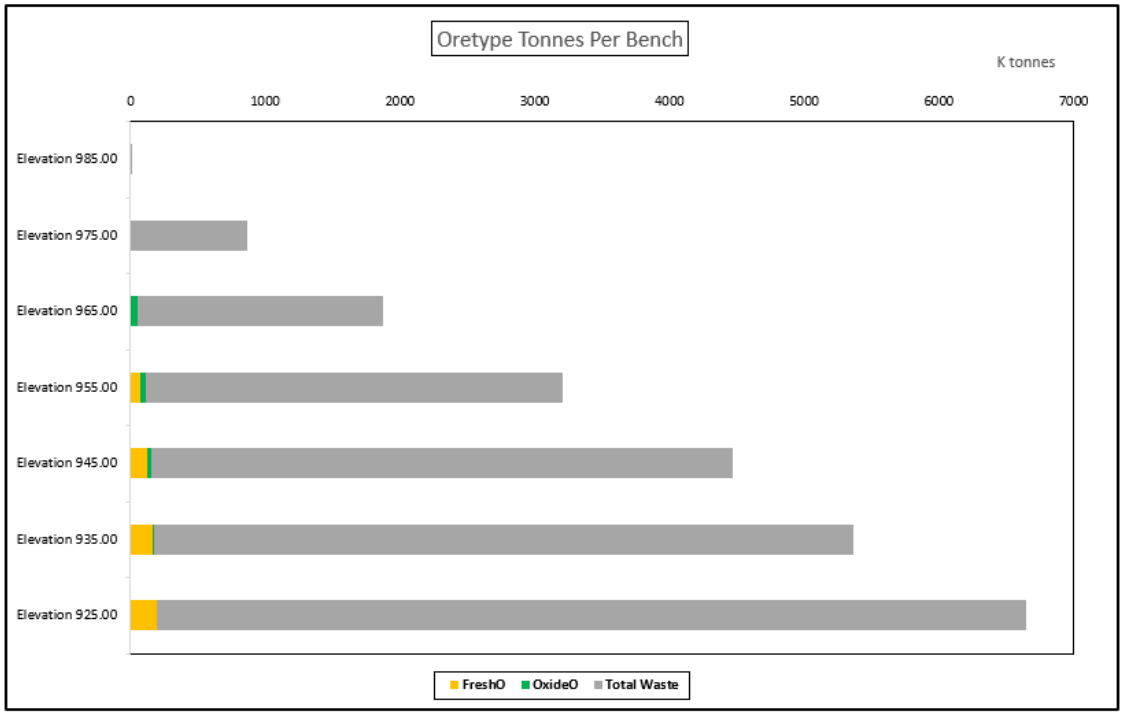


Figura 98 - Distribuição minério vs estéril nas bancadas, tendo em conta o pit final (Fonte:Datamine)

As primeiras toneladas de minério resultantes do desmonte a céu-aberto serão armazenadas durante dois anos, até à conclusão da construção da plataforma do edifício de britagem e concentrador que se prevê construída no final desse período. Assim sendo, precisarão de ser armazenadas temporariamente, no depósito de minério bruto, durante esses 2 anos cerca de 345 000 toneladas de minério BCM, que correspondem a 205 918 m^3 LCM de volume empolado.

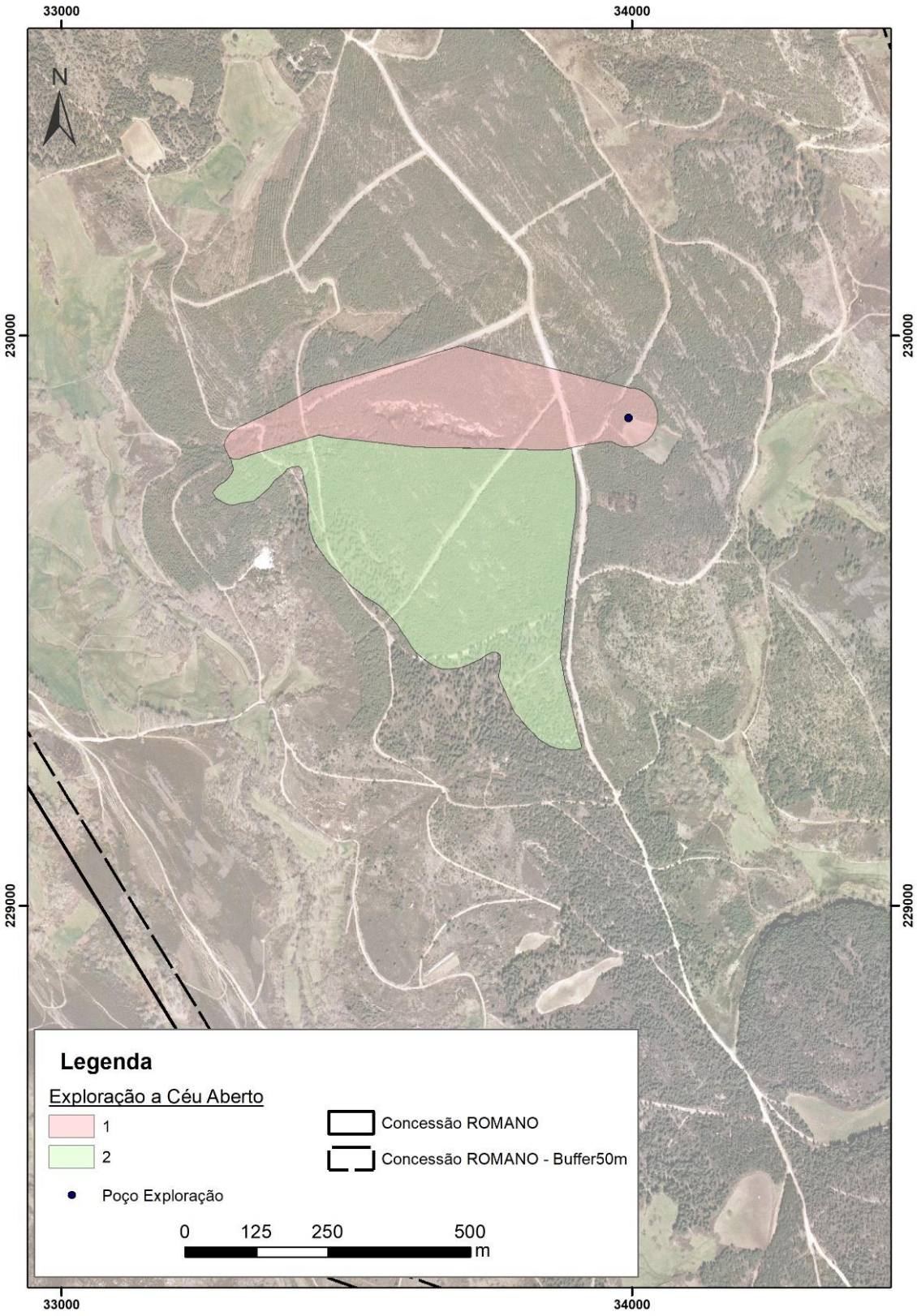


Figura 99 - Mapa da exploração a céu aberto a decorrer, com divisão das duas fases de exploração

Como se pode averiguar, pelas Figuras seguintes, que representam esquematicamente, a existência dos dois principais "pushbacks" relacionados com a exploração a céu aberto.

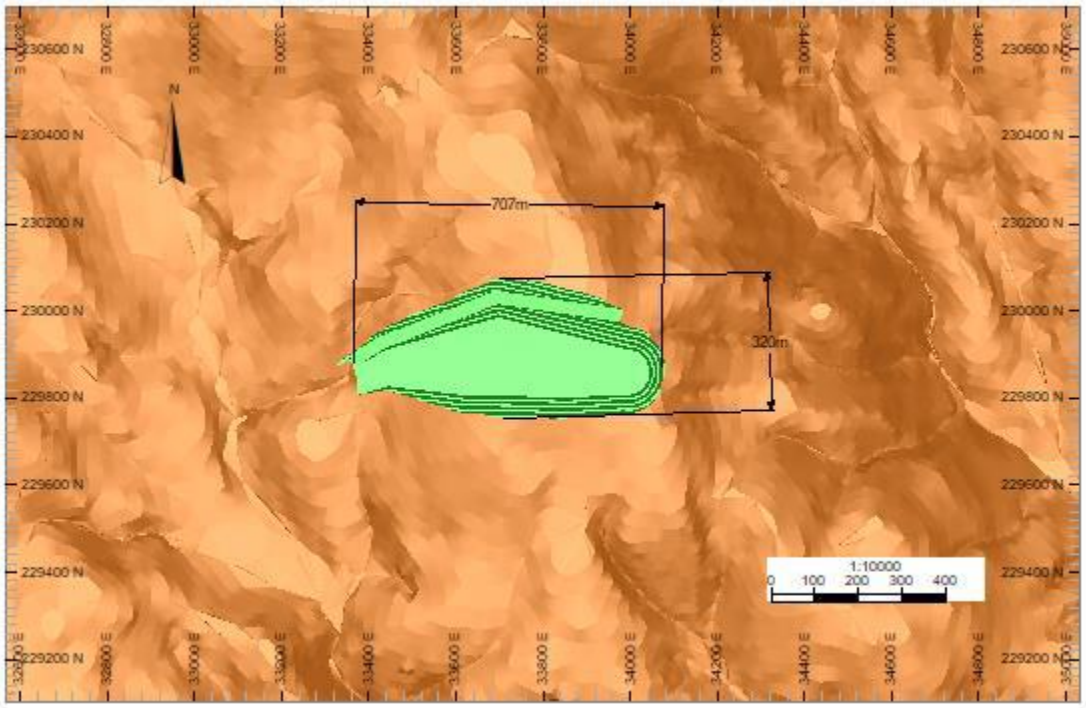


Figura 100 - "Pushback" da primeira fase da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine)

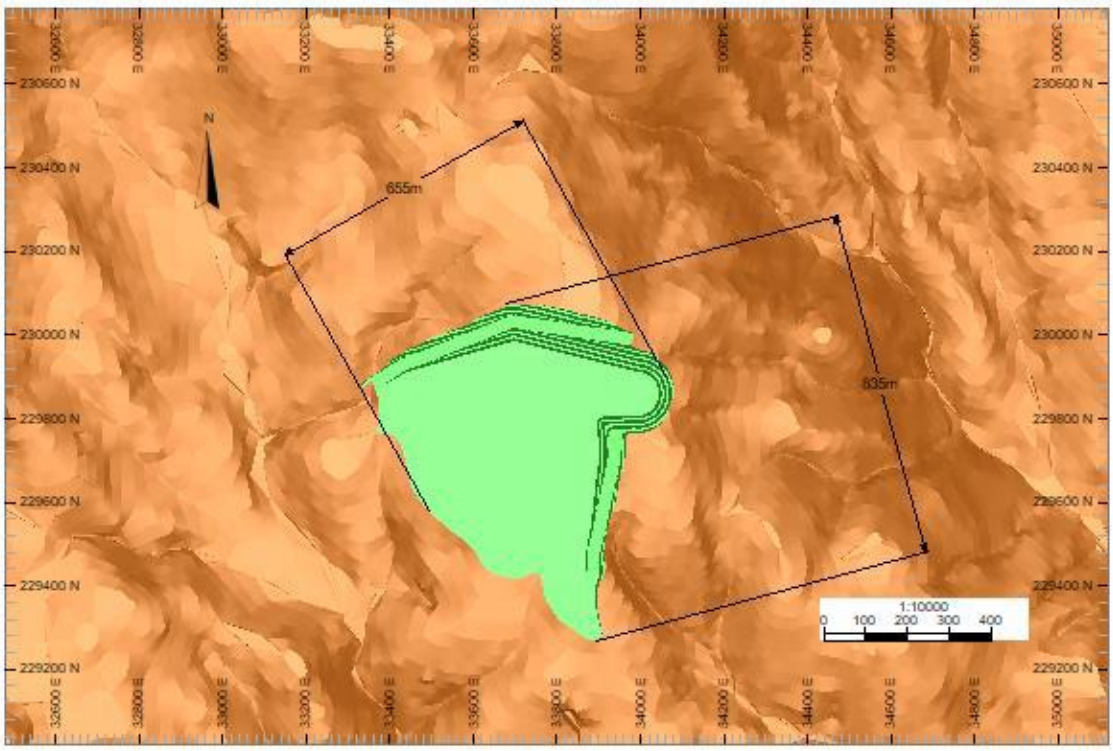


Figura 101 - "Pushback" do pit final da exploração a céu aberto para otimização (Fonte:Datamine)

No final do projeto de exploração a céu aberto, como se pode verificar pela figura abaixo, onde é representado a modelação do terreno, o que será realizado será uma redução da topografia local, onde de encontro às informações prévias ocorreram trabalhos de exploração mineira no passado.

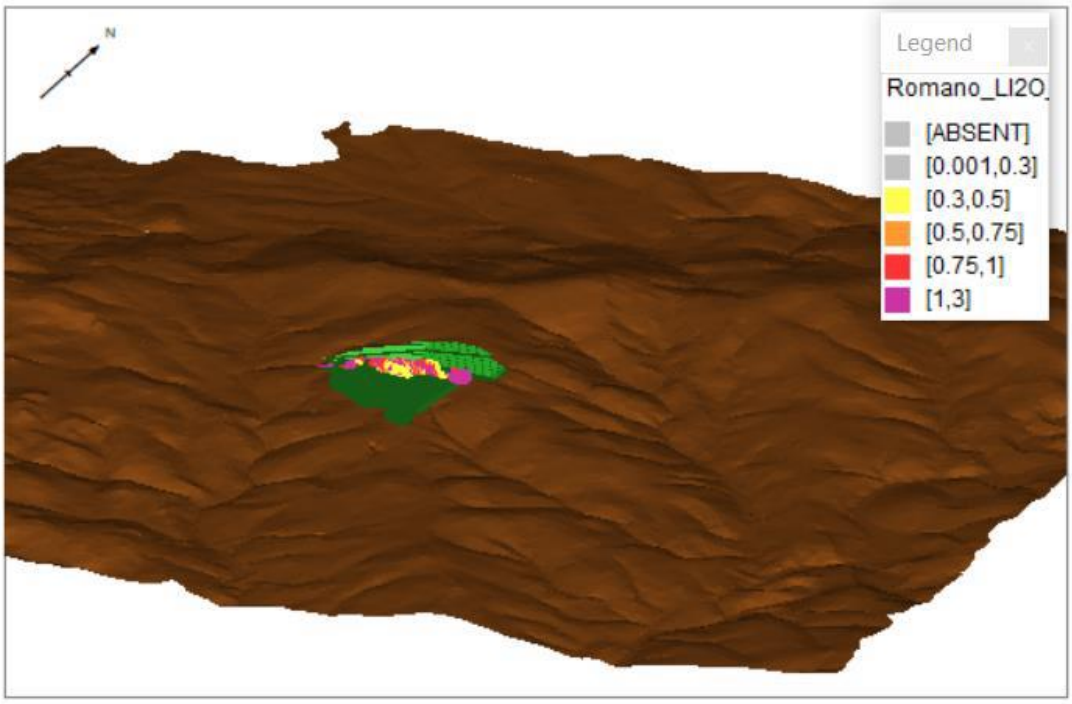


Figura 102 - Pit final – Projeto final com base na cota de nível +920,00 m (Fonte:Datamine)

De seguida alguns esquemas são apresentados com as diversas etapas de sequenciamento da evolução da exploração mineira a céu aberto.

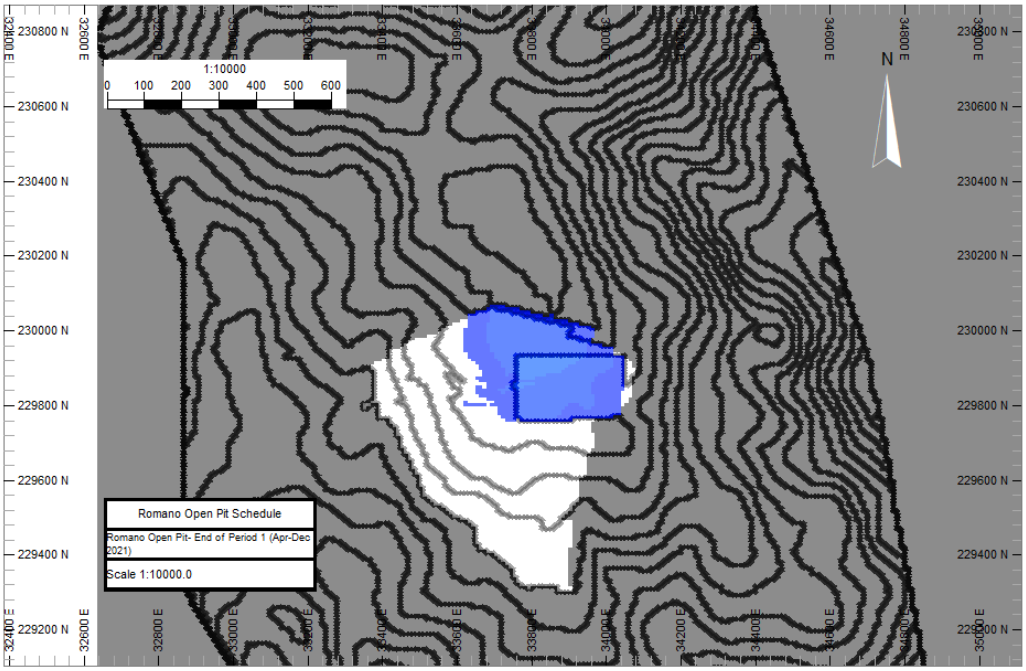


Figura 103 - Fase inicial de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine)

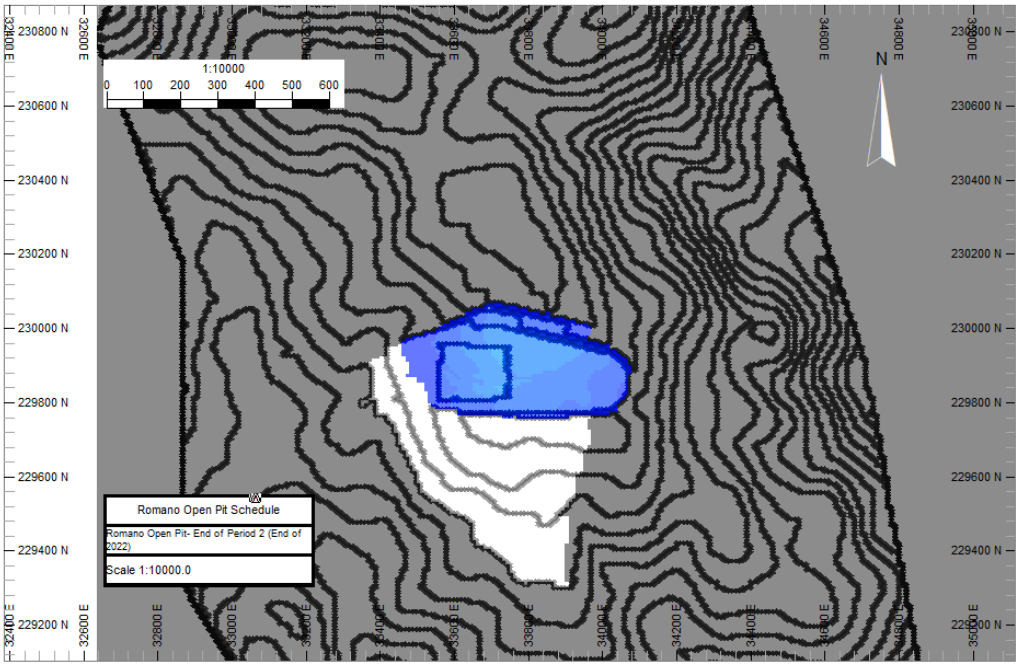


Figura 104 - Avanço da escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine)

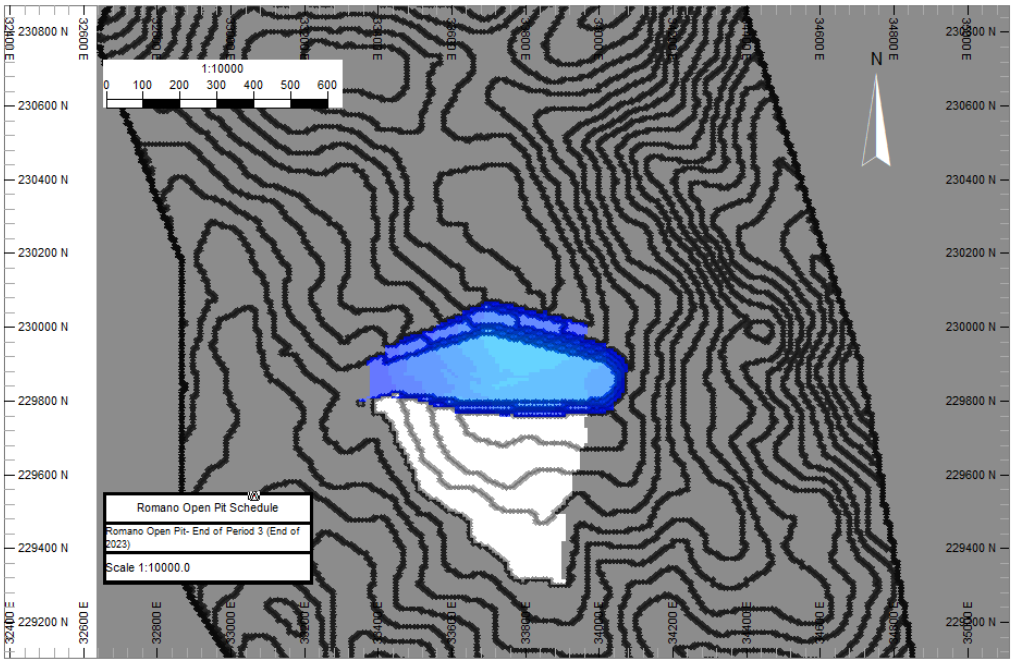


Figura 105 - Conclusão da primeira fase de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine)

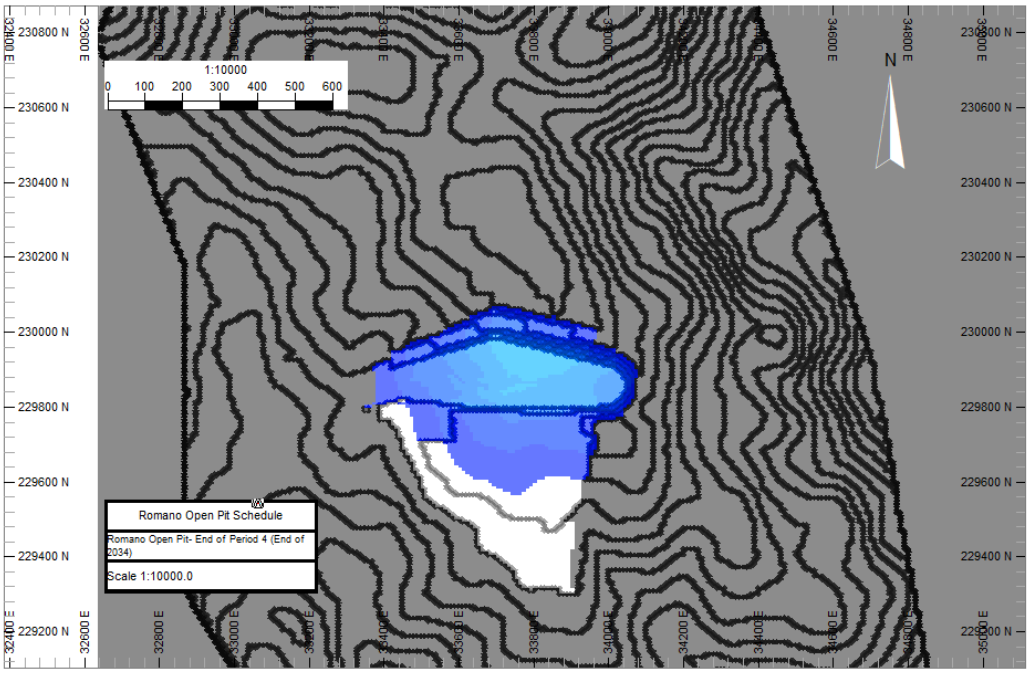


Figura 106 - Avanço para a segunda fase de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine)

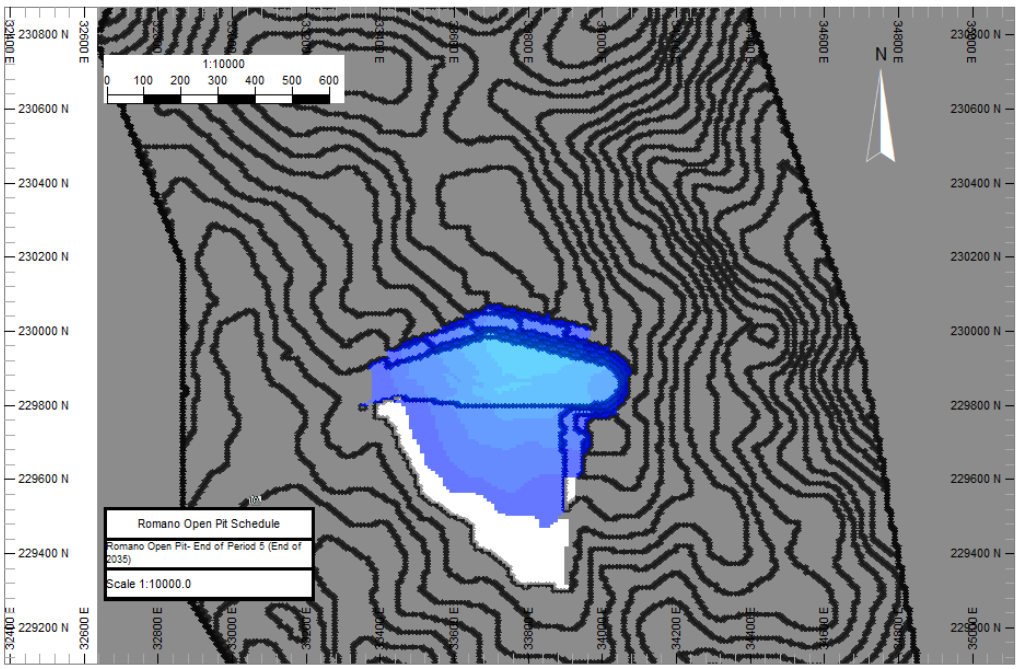


Figura 107 - Avanço da segunda fase de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine)

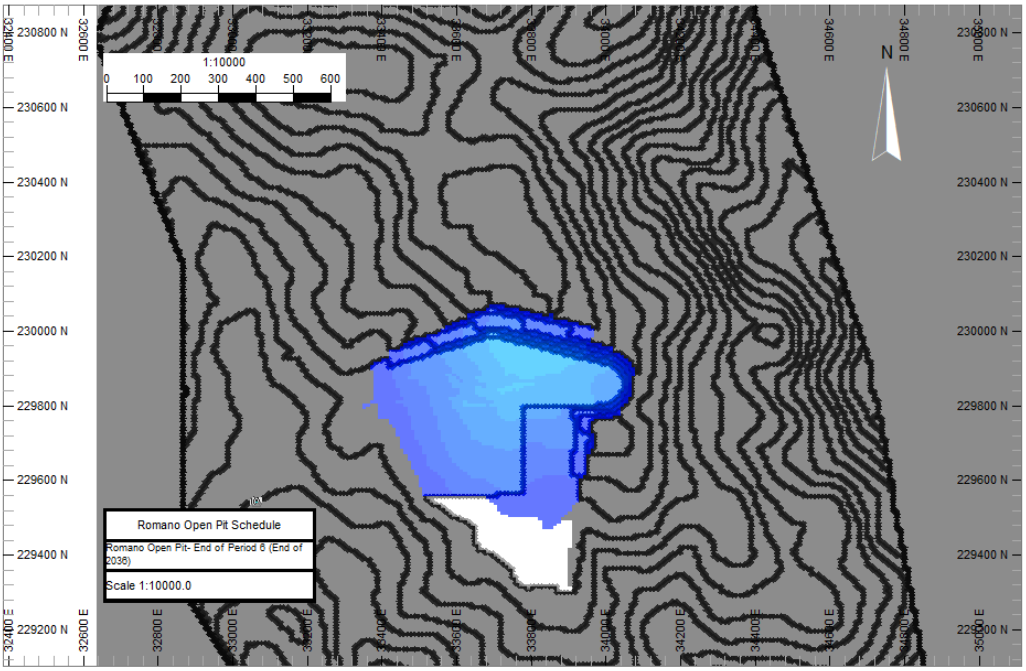


Figura 108 - Avanço da segunda fase de escavação da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine)

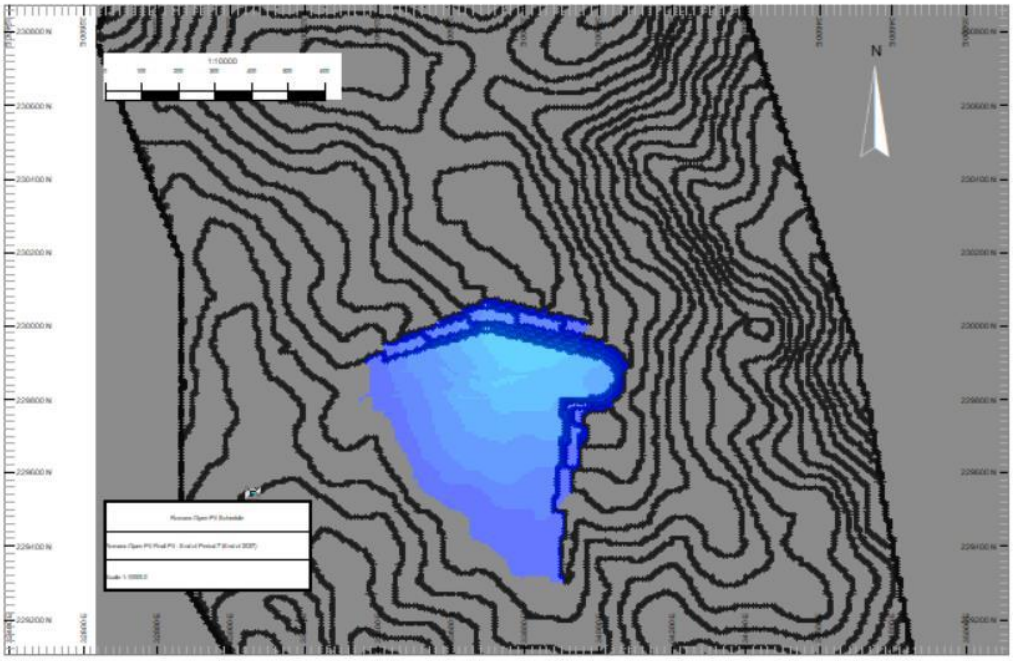


Figura 109 - Pit final da exploração a céu aberto (Fonte:Datamine)

O minerador irá escavar pequenas parcelas do terreno com progressão contínua na área. Após a escavação destas zonas, utilizar-se-ão máquinas (buldózer-CAT D11T, pá carregadora-CAT 992K e dumpers-CAT 777) para agrupar, coletar e transportar o minério para a zona de depósito de minério bruto ou para a escombreira, em caso de ser estéril. O transporte será realizado em parte diminuta por dumpers e ainda por telas transportadoras (cobertas) a serem instaladas pela Lusorecursos, para o local onde se localiza a zona do edifício de britagem (Figura 110).

Após a segunda e terceira britagem e seleção do material, este seguirá para o Complexo de Anexos Mineiros também por tela transportadora (coberta), onde ocorrerá o processo de moagem. Também, na área afeta à britagem será implementada uma tela transportadora em sentido contrário, que servirá para o transporte do estéril (micaxisto) resultante da seleção ótica, para a área a sul, com o propósito de deposição numa das escombreiras, apresentadas como soluções.

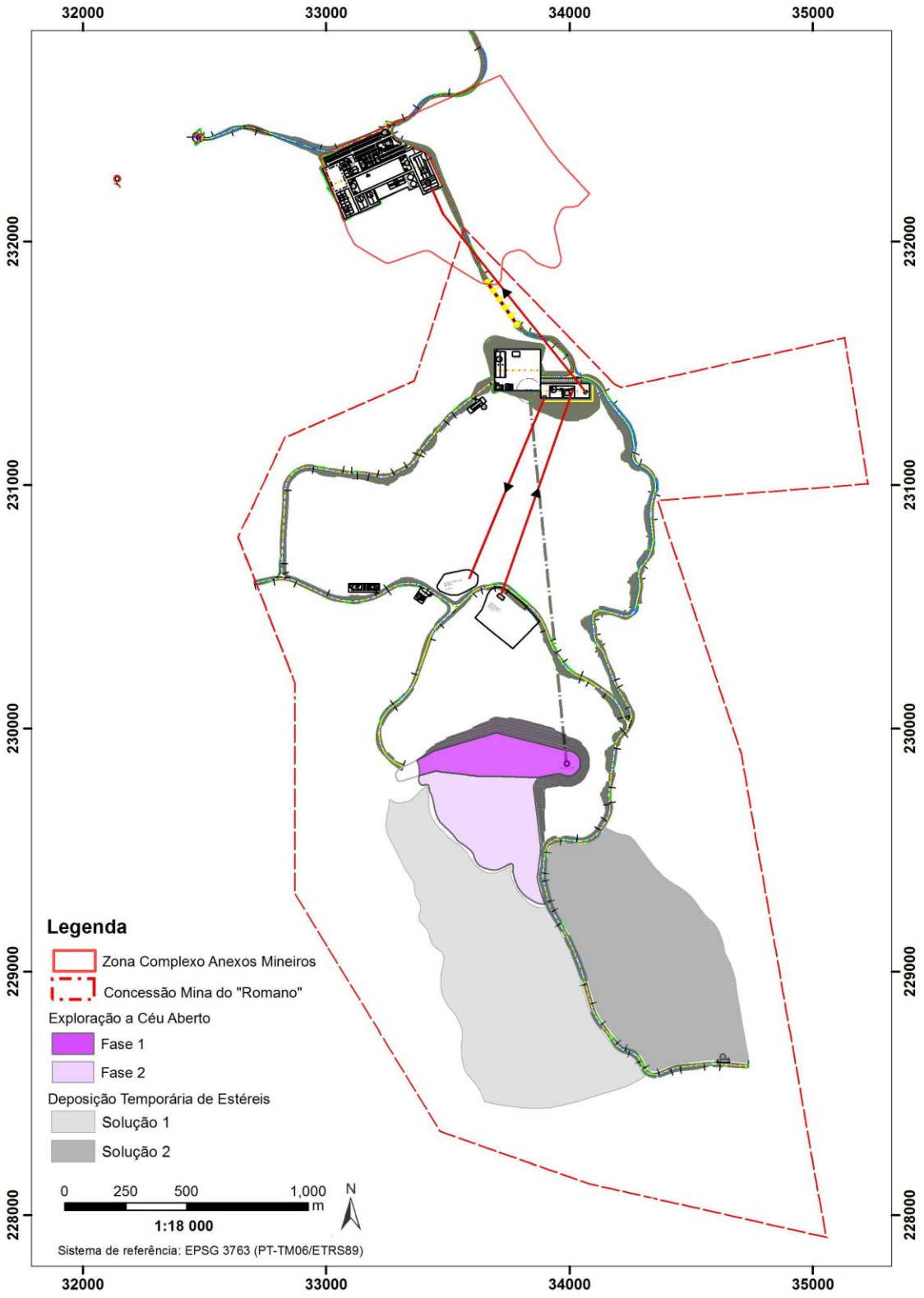


Figura 110 - Layout com a indicação das telas transportadoras e representação das soluções apresentadas para a escombreiras

A escavação mecânica de superfície é a utilização de forças mecânicas para deslocar solo ou rocha junto da superfície e em profundidade. Uma tipologia de máquina usada para este propósito é comumente conhecida como “minerador contínuo de superfície” ou “máquina de escavação de superfície”. A máquina consiste num trator com um tambor na traseira da máquina. O tambor roda, é equipado com bicos rotativos e pode ser afundado na formação enquanto o trator se desloca para a frente (ou para trás em algumas situações específicas) (Figura 111).

Figura 111 - Trator e tambor de um Minerador de Superfície Vermeer T1255 Direct Drive

Relativamente à mineração de superfície de precisão, a metodologia também conhecida como “Strip Mining”, permite a exploração de um corpo mineralizado em três dimensões. Ao invés da perfuração e explosão habitualmente utilizadas neste tipo de jazigos, este método possibilita a extração do minério seletivamente, distinguindo-o pelo contraste litológico, mas também pela cor que a diferente litologia apresenta. Parte-se do princípio de que, sempre que possível, separar-se-á o material durante os processos de extração, aumentando desta forma a qualidade e seletividade da rocha a extrair. A metodologia deste tipo de extração de minério será detalhadamente abordada no subcapítulo de metodologia e subsequentes.

A exploração a céu aberto seguirá, como referido anteriormente, uma exploração em bancadas/degraus, onde necessariamente as plataformas de trabalho serão planas para a utilização da máquina da Vermeer (Figura 112).

As bancadas de segurança com as dimensões 10 m de altura, ângulo de 55° e uma berma de segurança de 5 m, foram projetadas segundo a legislação atualmente em vigor, Decreto-Lei nº162/90.

Minerador de superfície - Vermeer TL1255

Buldózer - CAT D11

Pá carregadora- CAT 992K

Dumper - CAT 777

Figura 112 - Sequenciamento das máquinas a utilizar na exploração a céu aberto

3.1.2.2. Estéril

Qualquer exploração mineira dá origem a um volume apreciável de estéreis que necessitam ser depositados numa área de escombreira dedicada. No caso em estudo e tendo em conta o método de exploração selecionado (método misto), parte dos estéreis produzidos serão reutilizados no enchimento das galerias abandonadas após a extração do minério, prática esta denominada de "backfill" associada a diversos métodos de exploração subterrânea.

No entanto, mesmo assim será necessário encontrar o melhor local para a deposição dos restantes estéreis que seja a mais favorável à futura recuperação após a desativação da mina. Prevê-se que com a opção de exploração mista seja necessário depositar no máximo cerca de 21,7 Mt de estéreis que correspondem ao valor máximo estimado de estéreis produzidos pela exploração a céu aberto dado que na exploração subterrânea estes materiais serão utilizados no enchimento dos desmontes terminados. Este valor considera uma densidade de 2,8 kg/m^3 e um fator de empolamento de cerca de 30%.

Foram identificados dois locais com capacidade (com larga margem de segurança) para serem estudados como alternativas de localização do Depósito de Estéreis, os quais localizam-se junto à zona de exploração mineira, o que facilita e reduz os transportes necessários e consequentemente o consumo de combustíveis.

Numa das alternativas denominada Solução 1, o Depósito de Estéreis posiciona-se a Sudoeste da zona de exploração, na vertente poente do vale da ribeira de Candedo, com uma área de 606 000 m^2. Na outra alternativa, designada Solução 2, o Depósito de Estéreis localiza-se a sudeste da zona mineira, num pequeno vale encaixado compreendido entre Carvalhosa e Felgueira, com uma área de 511 000 m^2.

No que diz respeito à rocha estéril, esta será de igual forma extraída com a rocha aplito-pegmatítica, no entanto terá um destino diferente. Depois de extraída pela Vermeer TL1255, a rocha será empilhada pela buldózer CAT D11, onde a pá carregadora CAT 992K carregará o dumper CAT 777 que levará este material para a escombreira, considerada temporária, que está localizada a sul dos trabalhos de exploração a céu aberto, no mapa abaixo, com as duas soluções.

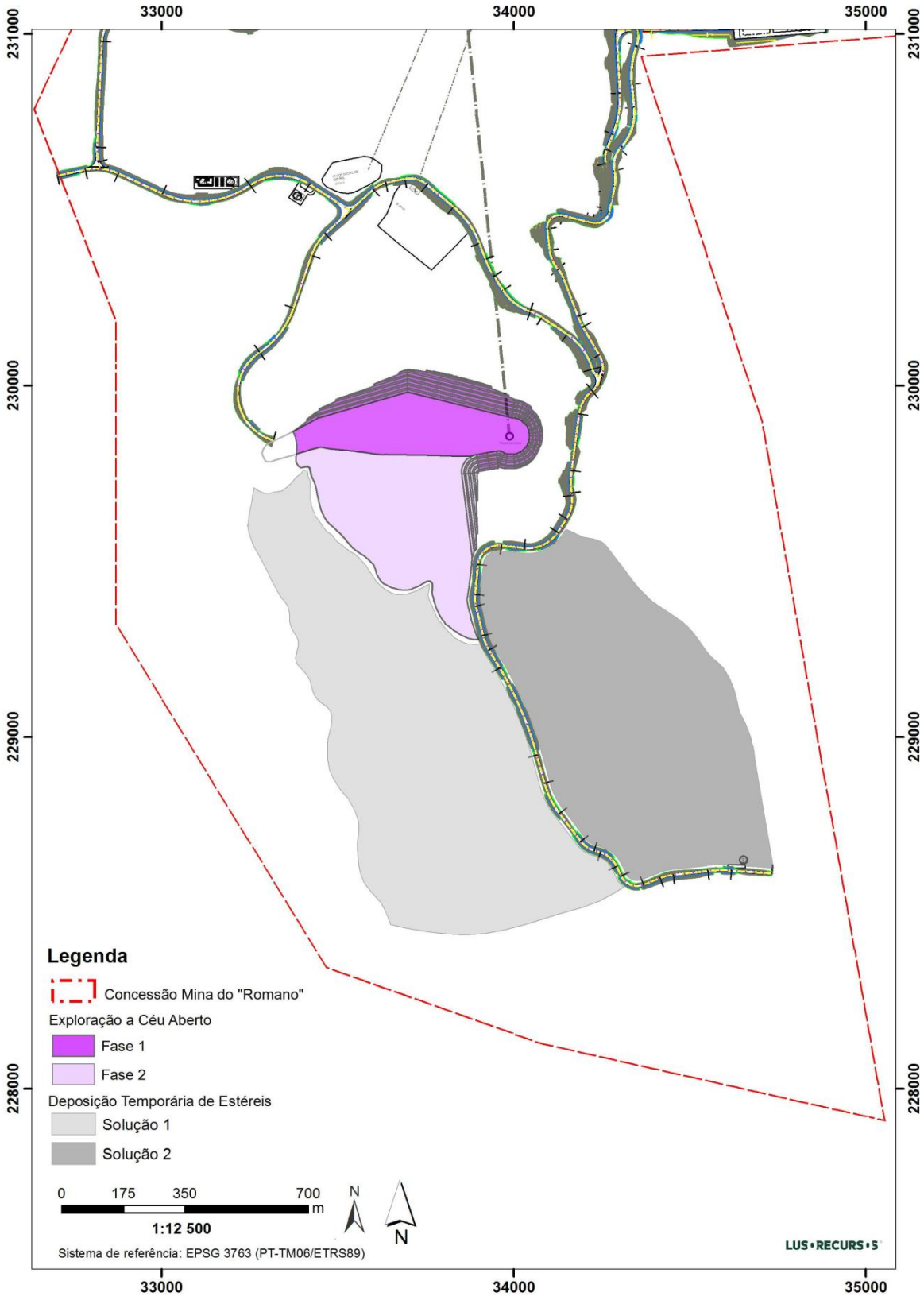


Figura 113 - Identificação das duas soluções para a escombreira de depósito de estéril

O material estéril proveniente de um primeiro processamento físico, nomeadamente da segunda e terceira britagem e ainda pela separação por via óptica, será também transportado por tela transportadora, para um outro local temporário localizado na Figura 22, onde de seguida os dumpers recolherão este material após o retorno de descarregar o minério no depósito de minério bruto.

Este material estéril poderá ainda servir numa fase inicial, para a construção das diversas Plataformas: Plataformas da Boca da Rampa, Britagem e ainda do Complexo de Anexos Mineiros. Assim, o material estéril da exploração a céu-aberto, poderá vir a ser utilizado para a construção de plataformas de apoio à extração mineira que necessitem de deposição de material.

3.1.3. Metodologia

Conforme referido, previamente aos trabalhos de desmonte a céu aberto, recorrer-se-á a uma buldózer CAT D11T para corrigir o terreno, isto é, retirar a cobertura vegetal e o solo mais superficial e terraplanar o terreno, de modo a permitir a ripabilidade do minerador de superfície A cobertura vegetal será encaminhada para locais apropriados de modo a figurar a recuperação paisagísticas de áreas de intervenção. O terreno será modificado de modo a criar patamares planos, a fim de permitir a circulação dos equipamentos de extração e os camiões que contribuirão para o processo, uma vez o minerador de superfície requer um trabalho em plano nivelado para a realização do trabalho.

Assim, e após a primeira etapa de preparação ao desmonte, utilizar-se-á para a exploração a céu-aberto um minerador de superfície, onde de seguida evidencia a escolha deste método de exploração para a concessão do “Romano”.

3.1.3.1. Princípio de corte de rocha “Strip-Mining”

Este tipo de máquina (minerador de superfície), corta o material do topo do depósito seguindo um padrão pré-definido. O tambor de corte utiliza bicos de tungsténio para quebrar o minério. Este está montado na traseira do minerador, cortando o material enquanto os rastos avançam sobre o terreno ainda por cortar, como é possível observar nas três figuras seguintes. Esta conceção, e o baixo centro de gravidade, garantem tração e mantêm a máquina equilibrada e estável. Abaixo encontram-se mais detalhes de como o corte do material acontece. O tambor roda enquanto a máquina se desloca para a frente. Os bicos de corte aproximam-se da formação por cima e giram/cortam através dela seguindo um arco. A combinação do diâmetro

de corte, a velocidade de rotação e a velocidade de deslocação determinarão a distância de penetração entre os impactos consecutivos dos bicos. Uma vez que a rotação e a velocidade de deslocação conseguem ser controladas, a penetração dos bicos consegue, também, ser controlada.

Figura 114 - Minerador de Superfície de Precisão (Vermeer TL 1255 Terrain Leveler Single Sided Direct)

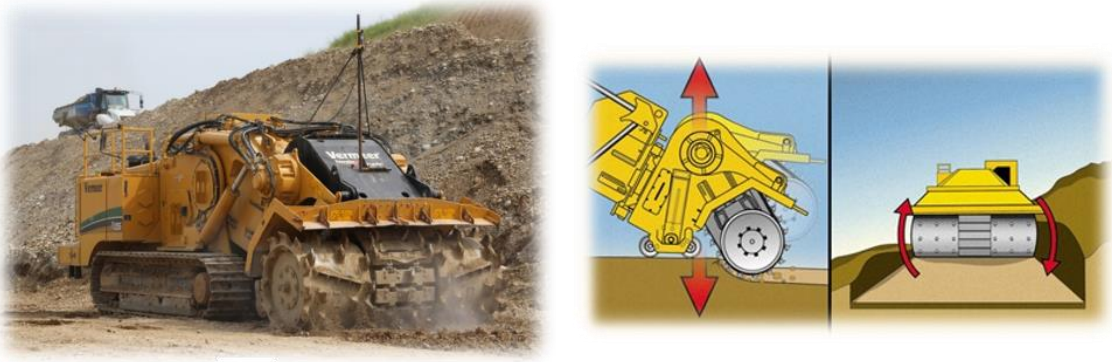


Figura 115 - Método de extração exemplificado com o Minerador de Superfície de Precisão

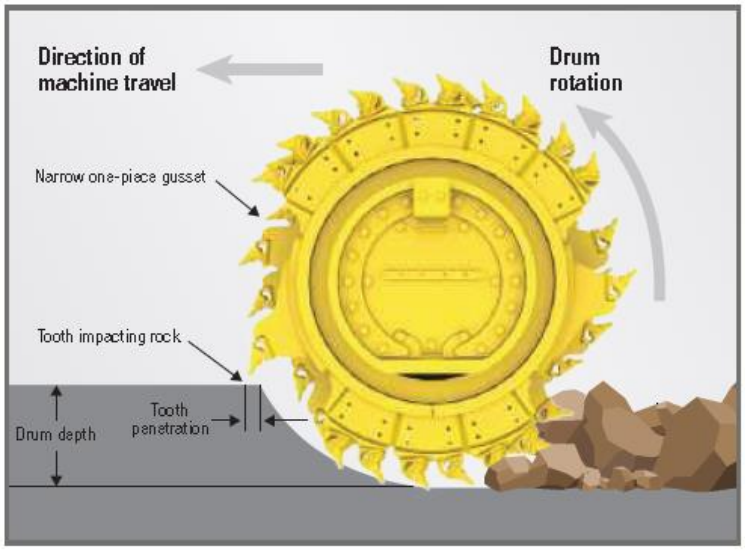


Figura 116 - Princípio de corte

O corte de cima para baixo "top-down" permite que os bicos penetrem no solo sem recorrer ao esforço de tração da máquina. Esta técnica fornece aos operadores a oportunidade de controlarem o tamanho do produto alterando a profundidade de corte do tambor. O material desagregado é deixado no solo atrás da máquina e encontra-se pronto para ser carregado e transportado.

O tambor é acionado por um motor hidráulico de baixa velocidade e alto torque. Este motor transforma potência em velocidade rotativa e torque rotativo. A potência é gerada por um motor de combustão interna que alimenta o motor hidráulico através de uma série de bombas hidráulicas.

$$Potência\ rotativa_{(W)} = Velocidade\ rotativa_{(rad/s)}\ x\ Torque\ rotativo_{(Nm)}$$

O torque rotativo em combinação com o raio de corte determina a força disponível para os bicos rotativos na formação.

$$Força\ total\ dos\ bicos_{(N)} = Torque\ rotativo_{(Nm)} / Raio\ de\ corte_{(m)}$$

Deve ser notado que o acima descrito não está a levar em consideração a eventual força cinética do tambor. Significa isto que poderá haver uma força momentânea adicional disponível no conjunto de bicos a cortar a formação.

O padrão dos bicos de corte no tambor é concebido de forma a haver sempre aproximadamente a mesma de quantidade de bicos na formação, isto para manter uma carga constante no tambor e na formação. A quantidade de bicos ativos em corte depende do

comprimento do arco de corte e, como tal, proporcional à profundidade de trabalho do tambor (ver figura acima relativa ao princípio de corte).

$$\textit{Força de bico ativo em corte}_{(N)} = \textit{Força total dos bicos}_{(N)} \,/\, \textit{Bicos ativos em corte}$$

O corte mecânico de rocha com um tambor (minerador contínuo) equipado com bicos rotativos tem tendencialmente vindo a evoluir de "velocidade de rotação elevada e elevada quantidade de bicos" para "velocidade de rotação baixa e quantidade de bicos limitada".

- Velocidade de rotação baixa: permite maximizar o torque de rotação para a mesma potência disponível e, desta forma, mais força de corte por bico.
- Quantidade menor de bicos: maior força de corte disponível por bico para a mesma quantidade de potência disponível e velocidade de rotação do tambor.

Maior força de corte disponível por bico permite maior capacidade de penetração dos bicos para uma formação rochosa semelhante ou, por outro lado, a capacidade de cortar rocha mais dura dada a mesma velocidade de rotação e deslocação.

Os avanços tecnológicos nos mineradores de superfície permitem uma operação cada vez mais autónoma. Exemplos disso são a utilização de controlos remotos para mineração junto às paredes das bancadas ou a ligação a sistemas GPS para deslocação e condução automática dos mineradores de acordo com planos de corte pré-estabelecidos. Outro exemplo é a utilização de sistemas operacionais inteligentes que indicam ao operador a melhor forma de utilizar o minerador e, adicionalmente, fornecer dados operacionais para controlo de produção e gestão.

Como referido acima, a mineração por escavação de superfície é uma técnica que extrai o material por camadas. Considerando que os Mineradores Vermeer têm o tambor de escavação na traseira e o trator está equipado com dois rastos que permitem a sua deslocação e contra rotação, a mineração por escavação de superfície também é utilizada em áreas mais reduzidas (e.g. 50 m x 50 m).

Uma diferença e possível vantagem face ao método de Perfuração e Explosão é o facto de a extração e carregamento seletivos poderem ser utilizados por forma a evitar ou minimizar a mistura de materiais. O resultado da utilização deste método é a produção de material de elevada qualidade pela capacidade única de extrair com precisão o minério separado do resíduo. E, adicionalmente, produzir material homogéneo e de tamanho reduzido e controlado.

Outras razões consideradas na adoção do método de mineração por escavação de superfície:

- Permitir uma operação mais contínua e sem as paragens inerentes à perfuração e explosão;
- Eliminar variados custos e riscos associados à perfuração e explosão (manuseamento e armazenamento de explosivos, licenciamentos específicos, riscos de segurança, distúrbios sociais, etc.).
- Reduzir ruído, poeira e vibração;
- Minimizar o risco de dano de aquíferos eventualmente existentes;
- Afastar a necessidade de trituradores primários, reduzindo as etapas de processamento e aumenta a eficiência e reduz o desgaste de sistemas de trituração secundários (e terciários);
- Permitir um manuseamento mais eficiente na carga e transporte, reduzindo o investimento em equipamentos de carga e transporte;
- Evitar o reforço adicional dos equipamentos afetos à carga e transporte (quando comparado com o material gerado pela perfuração e explosão).
- Reduzir os elevados custos de manutenção dos equipamentos de carga e transporte em virtude de o solo ficar nivelado e limpo;
- Rentabilizar o investimento nos mineradores de superfície pela possibilidade de serem utilizados na construção e manutenção das estradas de transporte.

O método implícito de “Strip Mining” consiste no corte ou ripagem do material do topo do depósito, seguindo um padrão pré-definido, por um minerador de superfície (e.g. Vermeer TL 1255). A área de extração do minério será concretizada com as dimensões de cada patamar, que apresentarão paralelismo à topografia da região. Na figura abaixo estão definidas as zonas onde ocorrerão trabalhos, juntamente com as respetivas vias de acesso e o Complexo de Anexos Mineiros. De forma a prevenir qualquer tipo de acidentes e de promover a segurança, serão executadas outras instalações/infraestruturas como sinalização, vias de acesso, corta-fogo e vias de emergência.

Além disso, a operação do equipamento não exige a paralisação de outras atividades. Contrariamente ao uso de explosivos, toda operação da mina tem de ser interrompida por questões de segurança, além existem restrições em relação à proximidade de rodovias e povoações, o que limitam as atividades de extração. Para além deste fator relevante, a aceitação social deste tipo de metodologia de extração é mais bem aceite pelas comunidades do que o uso de explosivos.

3.1.3.2. Capacidade dos mineradores de superfície Vermeer em rocha

Apresenta-se de seguida no quadro abaixo, modelos teóricos e a extensa experiência prática acumulada que permitirão a definição dos limites de resistência à compressão ("Unconfined Compressive Strength", doravante UCS) para cada modelo de Minerador de Superfície Vermeer.

Quadro 25 - Aplicações e índices UCS para Mineradores de Superfície Vermeer

Modelo	Transmissão ao tambor	Potência do motor (kW)	Peso (ton)	Aplicações e valores UCS
Vermeer T955III	Corrente	310	54	Terra, rocha: 138 MPa
Vermeer T1055III	Corrente	310	58	Terra, rocha: 138 MPa
Vermeer T1155III	Corrente	403	86	Terra, rocha: 152 MPa
Vermeer T1255III	Corrente	447	111	Rocha: 172 MPa
Vermeer T1255III	Hidráulica	447	120	Rocha: 172 MPa
Vermeer T1655III	Hidráulica	895	186	Rocha: 172 MPa

3.1.3.3. Mecanismo de corte relacionado com propriedades geotécnicas

A Figura seguinte demostra o processo que ocorre quando um bico tem impacto na formação rochosa.

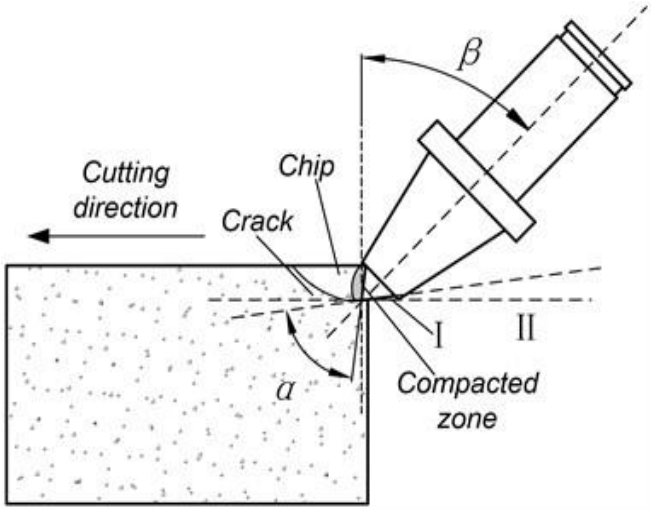


Figura 117 - Impacto de bico na formação rochosa

A formação rochosa origina uma tendência inicial de resistência à força externa criando uma zona de compressão no solo ou rocha na frente do bico. Com o aumento da força aplicada haverá um ponto em que a formação ou a seção da formação atinge o ponto de rutura. Este comportamento relaciona-se com o UCS da formação.

No caso das formações frágeis "brittle", estas fraturar-se-ão com a compressão produzindo partículas individuais que são facilmente desagregadas. Por outro lado, as formações mais dúcteis poderão não haver nenhuma fratura a ocorrer. Nestas situações parte da formação rochosa é mecanicamente empurrada ou puxada da massa da formação. Este comportamento relaciona-se com a força de tensão uniaxial "Uniaxial Tensile Strength" da formação rochosa.

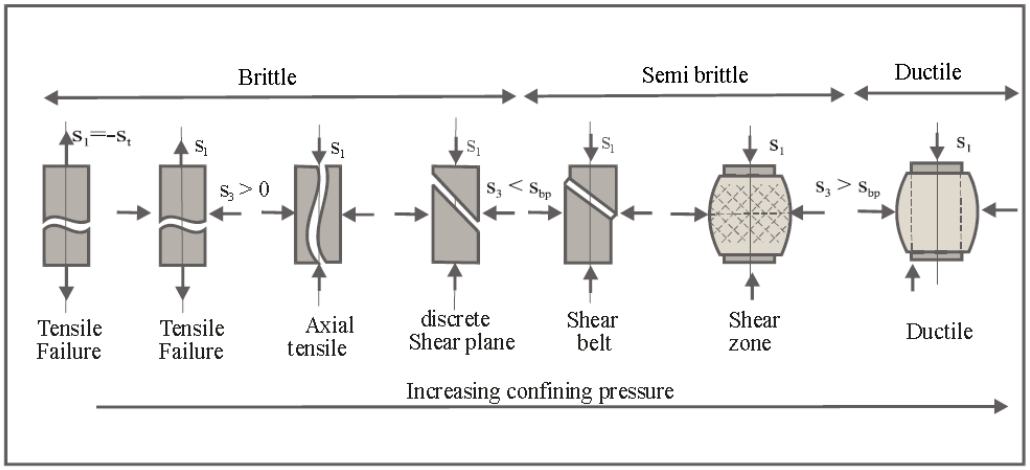


Figura 118 - Comportamento perante a compressão

A combinação dos índices de UCS e UTS determinam a dureza da formação, sendo a UCS comumente o principal parâmetro a ter em conta na análise da viabilidade técnica da utilização de um minerador contínuo de superfície.

3.1.3.4. Propriedades geotécnicas

A UCS e a UTS de um tipo de solo ou rocha "in situ", varia em função da sua composição mineralógica principalmente (minerais), ligações/"bonding" e origem (ígneas, metamórfica ou sedimentar).

Embora existam outros fatores (densidade e direção das fraturas, textura, tamanho do grão, porosidade, desagregação, etc.) presentes na capacidade de corte de uma massa rochosa, focar-nos-emos apenas na UCS. Esta base de análise pode ser considerada como o pior cenário

uma vez que alguns dos fatores mencionados têm um impacto positivo na viabilidade técnica, produção e custo de operação.

Alguns tipos de rocha têm a reputação de serem extremamente duras enquanto outras são consideradas muito brandas. Ao observarmos os intervalos de UCS de algumas das comuns formações rochosas torna-se óbvio que deveremos ser cautelosos em fazer julgamentos baseados apenas no tipo de rocha.

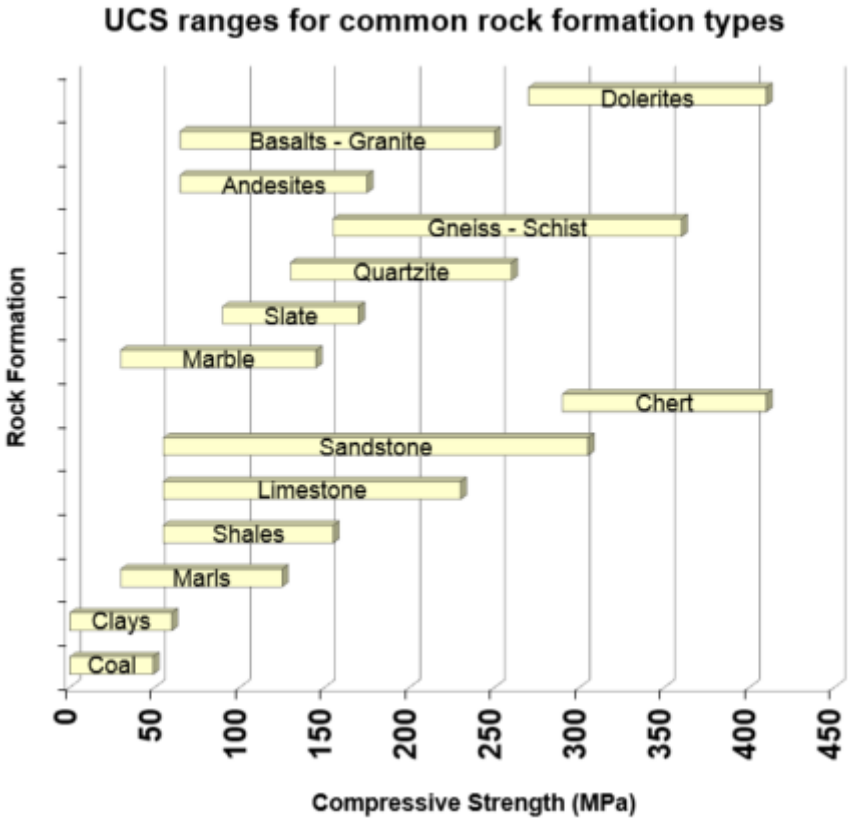


Figura 119 - Intervalos UCS de rochas e/ou formações mais comuns

Alguns exemplos:

- Basaltos e Granitos, que se assume serem extremamente duros, poderão ter durezas semelhantes a Calcários que são tipicamente considerados uma rocha mais branda, o mesmo para os Arenitos que podem até atingir durezas superiores a Basaltos e Granitos;
- As argilas, não sendo uma rocha, são tipicamente vistas como brandas, embora em alguns casos, a sua dureza possa ser superior à de algumas rochas, devido às suas características plásticas e de compressão.

Portanto por forma a avaliar a viabilidade técnica da utilização de uma máquina de escavação de superfície para um dado tipo de rocha é fundamental obter informação acerca das características geotécnicas, principalmente UCS e UTS.

Saber o tipo de rocha é benéfico do ponto de vista económico uma vez que a sua origem e tipo poderão dar dados acerca do desgaste da rocha. Sendo o conteúdo de sílica o parâmetro principal, por norma associada à formação de quartzo, sendo este um dos minerais com uma dureza moderadamente alta, representando-se com valor de dureza 7 na escala de Mohs.

A Vermeer possui um laboratório de análise de rocha totalmente equipado onde executa os testes geofísicos necessários seguindo as normas internacionais. Até à presente data, a Vermeer realizou mais de 11 000 (onze mil) testes a rochas que combinados com a experiência prática acumulada fornecem uma base sólida para avaliar e estimar o desempenho dos seus modelos de Mineradores de Superfície em qualquer condição de rocha.

Deverá ser notado que as amostras de rocha e os respetivos resultados de testes poderão ser apenas representativos da área onde as amostras foram recolhidas. Assim como, elevadas variações em dureza poderão ocorrer nas imediações (elevação/profundidade e variação da sua localização espacial ao longo de um jazigo) das amostras colhidas e testadas.

3.1.3.5. Mineração de superfície mecânica e dureza da rocha

Os intervalos de operação até 138 MPa para o modelo do Minerador de Superfície Vermeer T955 e até 172 MPa para os modelos maiores dão a possibilidade de trabalhar numa vasta variedade de tipos e durezas de rocha.

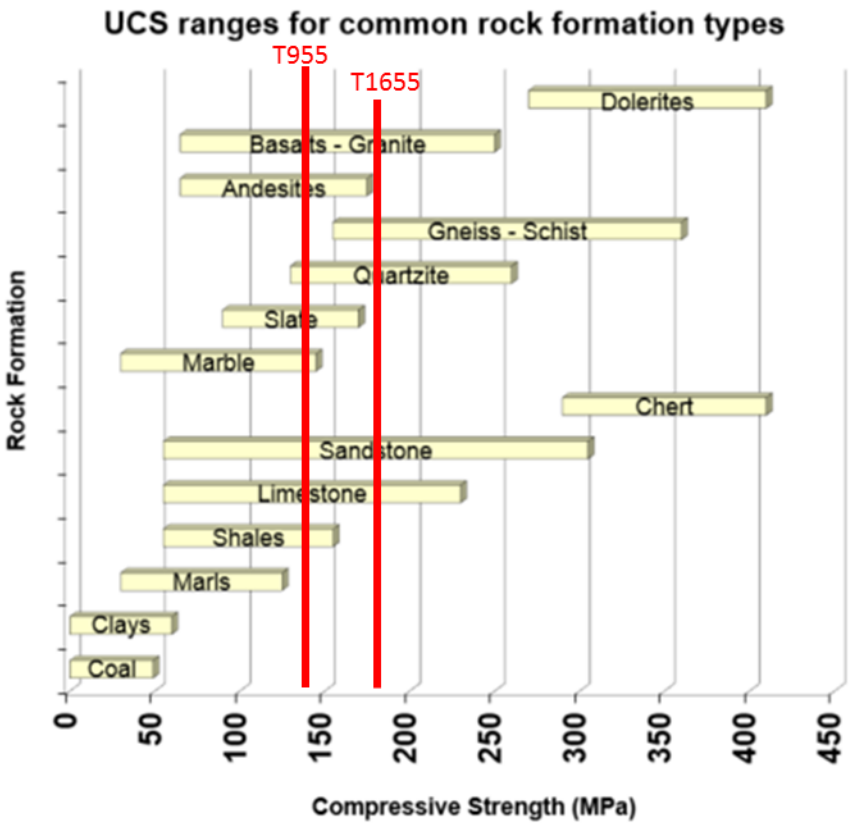


Figura 120 - Intervalo UCS de capacidade de Mineradores de Superfície Vermeer vs. Tipo de rocha

A dureza da formação terá um impacto na produção do qualquer um dos Mineradores de Superfície. Abaixo encontra-se um gráfico com a produção estimada de um Minerador de Superfície Vermeer T1255III DD SS em durezas de rocha de 10 a 180 MPa.

A produção estimada será entre a linha azul e a linha laranja, com a linha azul a representar a estimativa numa formação mais frágil “brittle” e a linha laranja numa formação mais dúctil.

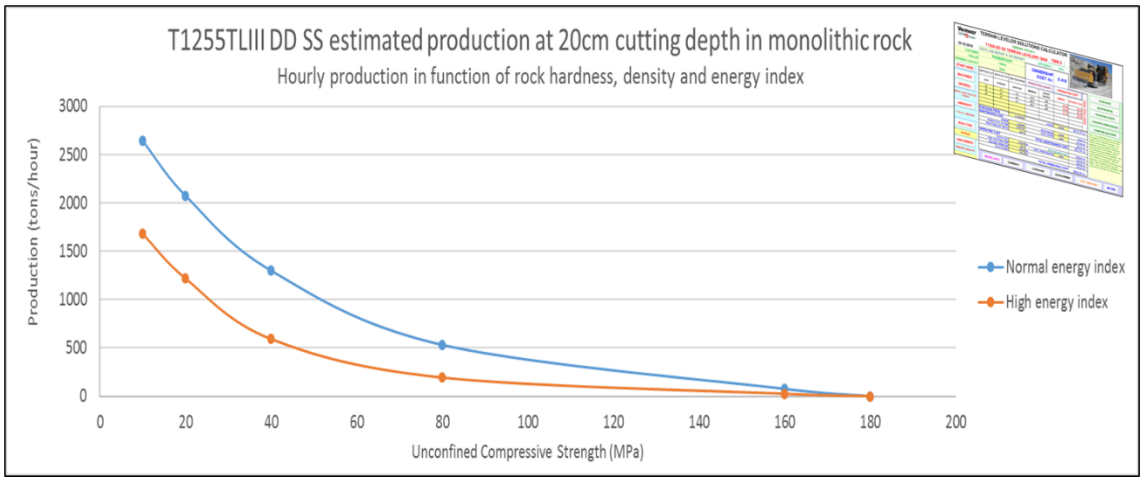


Figura 121 - Produção estimada (ton/hora) do Minerador de Superfície Vermeer T1255III DD SS

3.1.3.6. Aplicabilidade da Mineração de Superfície no projeto

O estudo de aplicabilidade do método de Mineração de Superfície no projeto da "Mina do Romano", tem como base as análises realizadas a amostras de rocha colhidas no local. Desta forma, refere-se que foram realizadas análises com as rochas aflorantes da concessão do Romano, que atestam a eficácia e comprovam que a utilização de um minerador de superfície no projeto é completamente viável tecnicamente. Os dois quadros abaixo apresentam os dois conjuntos de testes realizados, nas litologias presentes na concessão do "Romano".

Quadro 26 - Resultados do primeiro conjunto de amostras de compressão UCS

Referência	Amostra	W	Furo	Profundidade (m)	Diâmetro	Resultado Compressão UCS (MPa)
1	Pegmatito	1	5	184,80	HQ	**117,5**
2	Pegmatito	1	5	229,00	NQ	**71,7**
4	Pegmatito	2	2	**38,45**	HQ	**12,4**
6	Pegmatito	2	3	129,40	HQ	**84,2**
9	Aplito	1	5	179,50	HQ	**94,3**
10	Aplito	1	5	177,60	HQ	**52,5**
12	Aplito	2	2	**39,55**	HQ	**25,3**
13	Aplito	2	3	122,70	HQ	**84,8**
15	Aplito	1	5	247,75	NQ	**32,5**
16	Aplito	1	5	169,60	HQ	**50,1**
18	Aplito	2	3	**32,60**	HQ	**14,7**
19	Aplito	2	2	**35,55**	HQ	**20,4**

Quadro 27 - Resultados do segundo conjunto de amostras de compressão UCS

Referência	Amostra	W	Furo	Profundidade (m)	Diâmetro	Resultado Compressão UCS (MPa)
2	Pegmatito	1	5	229,00	NQ	**115,8**
3	Pegmatito	1	5	216,00	NQ	**170,0**
5	Pegmatito	2	2	**44,50**	HQ	**30,6**
7	Pegmatito	1	5	244,50	NQ	**98,0**
8	Pegmatito	2	3	130,50	HQ	**125,0**
10	Aplito-Pegmatito	1	5	177,60	HQ	**100,5**
15	Xisto	1	5	247,75	NQ	**30,1**
16	Xisto	1	5	169,60	HQ	**33,5**
17	Xisto	1	5	211,00	NQ	**130,5**

Sabendo que o método de Mineração de Superfície será utilizado para extração até uma profundidade de cerca de 40 m e tendo como referência as propriedades geotécnicas indicadas nos resultados acima, conclui-se que a dureza (incluindo para pegmatitos) encontra-se dentro do intervalo válido de utilização desta tecnologia. Tem-se em consideração que mais de 90% do material a extrair na exploração a céu aberto é rocha xistenta que possui resultados mais baixos de Compressão UCS comparado com as rochas pegmatíticas. Assim, de acordo com estas premissas, o dimensionamento da exploração a céu aberto resulta numa área de extração com as dimensões apresentadas. Da cota mais elevada representada (+980,00 m), o terreno irá ser reduzido, após os patamares de segurança, a uma zona plana que se encontrará no final da exploração a céu aberto a uma cota de +920,00 m.

O método de Mineração de Superfície tem quase duas décadas de existência e conta com mais de 600 equipamentos ativos em todo o mundo. A tecnologia encontra-se num estado de

desenvolvimento maduro e comprovado. Listamos abaixo alguns exemplos de países onde esta tecnologia é ativa e diariamente utilizada.

- Suíça
- Itália
- Alemanha
- Malta
- Rússia
- Estados Unidos da América
- Canadá
- México
- Brasil
- Chile
- Guiné
- África do Sul
- Namíbia
- República do Congo
- Arábia Saudita
- Emirados Árabes Unidos
- China
- Índia
- Malásia
- Tailândia
- Austrália
- Nova Zelândia

Abaixo damos conta de apenas alguns, dos muitos, exemplos de equipamentos de Mineração de Superfície Vermeer em atividade. Os exemplos estão organizados por país onde se encontram a laborar. Para além do exemplo mencionado, em alguns países existem mais casos de utilização da mesma tecnologia.

Suíça

Numa pedreira de cimento na Suíça, a Mineração de Superfície é usada para cortar as formações de calcário e marga para a produção de cimento. A dureza do calcário varia entre 80 e 120 MPa e a marga na faixa de 10-40 MPa. Aproximadamente 50% do material da pedreira é extraído através deste método.

Alemanha

Uma empresa alemã de fornecimento de material adquiriu recentemente um Minerador de Superfície Vermeer T1255III para minerar rocha de porfírio (rocha ígnea) numa das suas minas, com durezas a variar entre 75 e 120 MPa.

Malta

Uma empresa em Malta utiliza três Mineradores de Superfície Vermeer T1255III para trabalhos de preparação de local. Estes trabalhos incluem o corte da superfície na formação de rocha para estacionamentos subterrâneos e outras instalações subterrâneas abaixo de hotéis, hospitais, shopping centers ou outros edifícios já construídos. A rocha é um calcário com dureza entre 50 e 80 MPa.

Guiné

Noventa e cinco por cento da bauxite extraída na Guiné é extraída através de Mineração de Superfície. As durezas variam entre 20 e 50 MPa.

Existem atualmente catorze Mineradores de Superfície Vermeer em operação com três empresas diferentes. É uma operação 24 horas por dia, 7 dias por semana e 365 dia por ano com uma disponibilidade média da máquina de 90% e utilização de 80%. Devido ao dimensionamento adequado do material (D95 = 150 mm), o material é retirado do chão da mina e transportado diretamente para o *run of mine*, onde é misturado e depois carregado em navios de transporte, sem necessidade de processamento ou manuseio adicional.

Chile

Atualmente existem seis Mineradores de Superfície em três empresas diferentes. As primeiras máquinas iniciaram atividade em 2011/12 e já têm mais de 40.000 horas de trabalho. Todas as máquinas trabalham 24 horas por dia, 7 dias por semana, extraindo rocha caliche para a produção de iodo e nitratos. A dureza da rocha encontra-se no intervalo 40 a 100 MPa. Um dos principais benefícios é a homogeneidade do tamanho do material escavado.

Brasil

Existem quatro unidades a operar no Brasil numa operação de minério de ferro. Nessa operação, o objetivo principal é utilizar os Mineradores de Superfície em áreas restritas para o uso de explosivos. Nessas áreas, existem várias cavernas protegidas ambientalmente e os Mineradores de Superfície podem trabalhar mais próximos a essas cavernas sem gerar vibrações que possam colocar as cavernas em risco de supressão. Foi realizado um estudo em conjunto com a empresa exploradora e concluiu-se que um Minerador de Superfície não geraria nenhuma vibração a partir de um raio de 15 metros e, poder cortar nestas áreas, representa um aumento de 10% na área trabalhável. A rocha é chamada de canga e a sua dureza ronda os 30 a 80 MPa.

Austrália

Desmonte de minério de ferro com dureas entre 25 e 120 MPa, atingindo em casos mais extremos os 160 MPa. No pico da exploração e utilização de Mineradores de Superfície, um total de 17 Mineradores de Superfície Vermeer foram utilizados simultaneamente.

China (noroeste)

Exploração com dureza de rocha entre 40 e 50 MPa, atingindo os 80-90 MPa em algumas zonas e, por vezes, com a presença de pedra com 110 a 160 MPa.

Os depósitos são planos, com 50 a 100 cm de espessura e inconsistentes no grau de minério. A maior parte do material escavado tem menos de 300 mm, o que se ajusta aos requisitos da mina.

China (sudoeste)

Localizado sudoeste da China, a dureza da rocha do calcário está entre 90 e 130MPa. Algumas das razões que levaram à adoção desta tecnologia: mais seguro (vibração, projeção de pedras, etc.), livre de explosões, distância de segurança curta para edifícios próximos, piso plano e tamanho de produto consistente.

Tailândia

Utilização de Mineradores de Superfície (em substituição da perfuração e explosão) em zona populacional densa por forma a minimizar os impactos ambientais e sociais. Durezas de rocha entre 70 e 160 MPa.

Malásia

Projeto do metro urbano em Kuala Lumpur onde as operações de perfuração e explosão são restritas. O material escavado é principalmente calcário com dureza de 80 a 140 MPa.

Esta delimitação, conforme dito, segue o máximo aproveitamento de recursos minerais. Para tal, pensou-se em estabelecer patamares de exploração a céu aberto de maneira mais eficiente, de modo a acarretar o menor impacte ambiental possível. Determinou-se que esta extração ocorrerá até à cota +920,00 m, sendo que depois disso a extração passará a ser subterrâneo.

Na parte extrativa a céu aberto utilizou-se a topografia existente, para um maior rigor de cálculo dos volumes a extrair. O minerador de superfície somente poderá trabalhar num patamar plano. Por cada área, seguindo a topografia apresentada correspondente de trabalho direto do minerador, serão mobilizados em bancadas de 10 m de altura volumes diferenciados de material.

No que concerne ao volume de material a mobilizar, foi estimado um cenário com base nos dados e volumetria fornecidos pela Datamine. Esses dados fiáveis permitem assumir que,

nesse cenário, apenas encontraremos o material proposto pela modelação geológica, apesar deste modelo apenas contabilizar o material com teor de Li_2O acima dos 0,3 %, ou seja, teor de corte de superior a 0,3 % de Li_2O. Por outro lado, e pelas mesmas razões citadas, todo o material pegmatítico pode não se encontrar contabilizado, apenas o mais rico/mineralizado, visto que se trata de um modelo geológico-mineiro e com falta de informação complementar de um maior número de sondagens. Sabe-se que com a exploração a céu aberto serão retirados 270 000 m^3, ou seja, 693 000 toneladas de rocha aplito-pegmatítica (minério) a ser extraída com valor agregado

Em relação às bancadas, estas, como referido anteriormente, seguirão esquematicamente o formato da exploração a céu aberto a elaborar. Porém, no que concerne aos declives entre estas serão, por uma questão de segurança, com ângulos de talude de 55°. Relativamente a este tipo de exploração, as atividades laborais planeadas ocorrerão em fases, constituindo diversas etapas. A metodologia supracitada seguirá um critério e ordem cronológica de norte para sul, respeitando os trabalhos desde a cota mais alta (+980,00 m) para as cotas com nível inferior (+920,00 m). Numa 1ª fase, as cotas topográficas serão rebaixadas 10 m, por exemplo, a cota 980 m será rebaixada para +970,00 m, a cota +970,00 m para +960,00 m e assim consecutivamente, até ser atingida uma zona plana localizada à cota de +920,00 m. O material pegmatítico seguirá para a área definida para a britagem e "optical sorting", e o material estéril para a escombreira.

Do Decreto-Lei nº162/90, no número 1 do artigo 126º:

Nas explorações a céu aberto a dimensão dos degraus deve garantir a execução das manobras com segurança, obedecendo às seguintes condições:

a) A altura dos degraus não pode ultrapassar 15 m, mas na configuração final, antes de se iniciarem os trabalhos de recuperação paisagística, esta não deve ultrapassar os 10 m;

b) Na base de cada degrau deve existir um patamar, com, pelo menos, 2 m de largura, para permitir, com segurança, a execução dos trabalhos e a circulação dos trabalhadores, não podendo na configuração final esta largura ser inferior a 3 m, tendo em vista os trabalhos de recuperação.

No esquema abaixo, com referências ao número 1 do artigo 126º do Decreto-Lei nº162/90, que se refere à largura mínima dos patamares, não podendo estes ser inferiores a 3 m, será considerado, por uma questão de boa prática e bem fazer, e como medida de segurança, um

patamar de 5 m, com uma altura de 10 m e um talude de 55°, que resulta numa inclinação geral/"pit slope" de 43°. Foram avaliadas todas as possibilidades para a escolha e dimensionamento dos patamares de segurança.

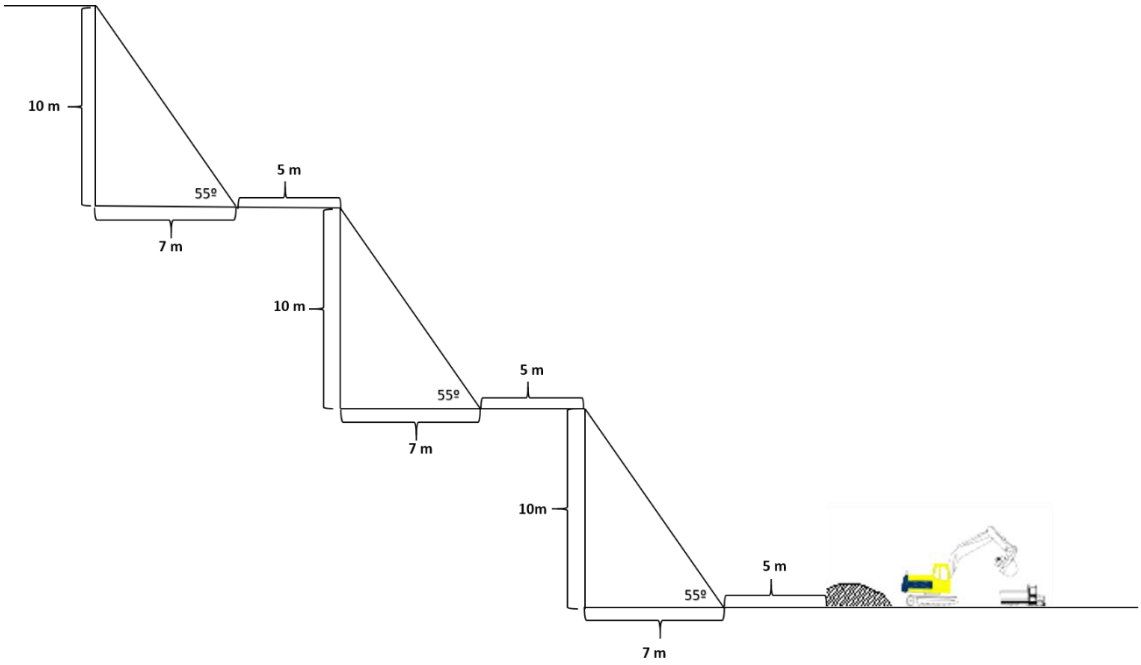


Figura 122 - Configuração dos patamares de segurança na exploração a céu aberto

Considera-se que os patamares de segurança deverão deixar para trás o material que é considerado estéril, como boa prática de exploração de recursos minerais e do máximo aproveitamento do jazigo. Foram considerados vários fatores, mas essencialmente foi tido em consideração o modelo geológico, assim como a morfologia dos corpos aplito-pegmatíticos, sem nunca descurar a rocha encaixante para o estudo. Assim sendo, e após variadíssimos trabalhos de prospeção e cartografia geológica detalhada sabe-se que a rocha encaixante apresenta foliação com direção N130°-N140° com pendor para SW - sudoeste entre 70° e 85°. Então, o talude de segurança, visto que em grande proporção será constituído por rocha estéril (micaxisto), apresentará ângulo de talude de cerca de 55°, que é o valor de talude natural do xisto, por um fator de segurança.

Com o decorrer dos trabalhos e com o avanço da exploração a céu aberto, toda a exploração irá atingir uma cota de +920,00 m no final da segunda fase de exploração, mantendo-se somente as bancadas de segurança. No entanto, na primeira fase existirão patamares de segurança, tanto a norte como a sul, e somente após a segunda fase é que os patamares a sul serão retirados para estabilização dos trabalhos subsequentes.

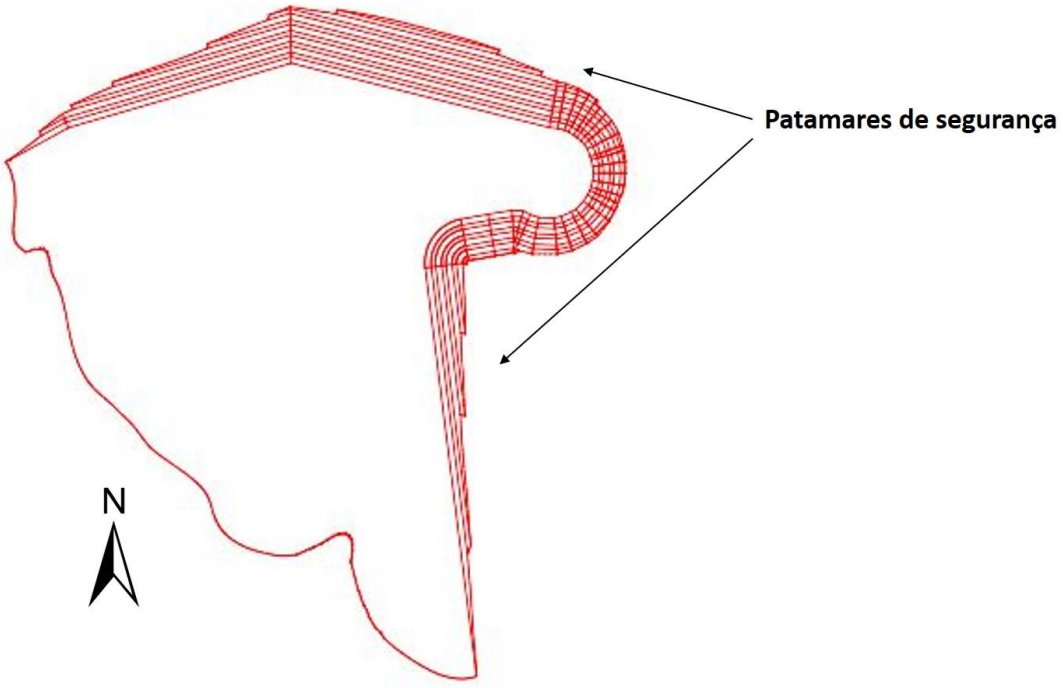


Figura 123 - Esquema ilustrativo das duas fases de exploração, com as respetivas bancadas a norte e a este, onde no final o que se encontrar dentro da linha vermelha encontrar-se-á à cota de +920,00 m (Fonte:Amberg)

No esquema da Figura seguinte, encontra-se a representação da exploração a céu aberto a ser realizada pela Lusorecursos, onde por bancadas se pretende extrair todo o minério possível sem nunca descurar a segurança e o bem fazer. No esquema ilustrado abaixo, a linha preta representa a atual topografia regional a ser corrigida, onde serão efetuadas as bancadas de segurança de 10 m de altura. Realça-se ainda, o facto de atualmente existirem cavidades resultantes das antigas explorações ocorridas na concessão durante os anos 60, onde extraía-se estanho das Antigas Minas do Beça.

Figura 124 - Esquema ilustrativo da exploração a céu aberto por patamares comparativamente à situação atual da topografia atual delimitada com linha preta, onde a linha vermelha a tracejado representa até à cota onde se pretende explorar

No esquema seguinte figura um avançar dos trabalhos onde terá ocorrido o rebaixamento até à cota +920,00 m da primeira fase proposta de exploração a céu aberto. Com o avançar dos trabalhos vão sendo deixados para trás os patamares de segurança, já referidos acima, segundo o Decreto-Lei nº162/90.

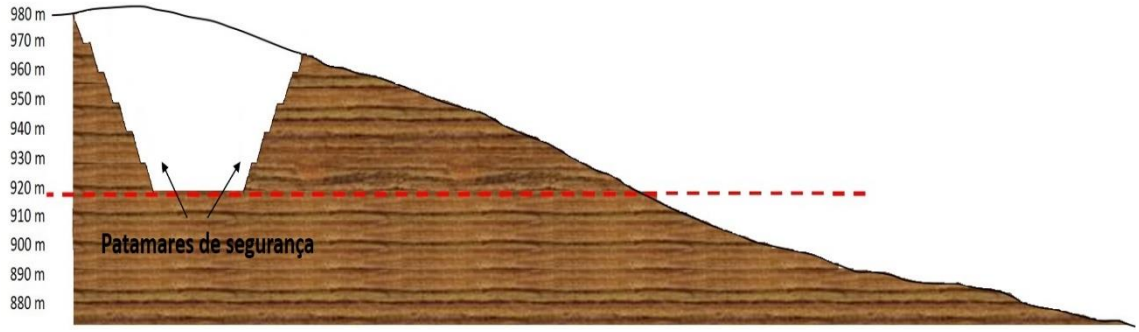


Figura 125 - Esquema ilustrativo em perfil da exploração a céu aberto por patamares com a intenção de deixar os patamares de segurança. Está representado esquematicamente a exploração a céu aberto. A linha vermelha representa até onde se pretende executar os trabalhos e onde ser irá extrair material

No último esquema, ocorrerá a 2ª fase com a finalização da exploração a céu aberto a ser dada como concluída. Realça-se que no final ficarão as bancadas de segurança a norte e no lado este, onde posteriormente se procederá à recuperação paisagística da zona intervencionada aquando dos trabalhos de reflorestação previstos. Mais uma vez, salienta-se que o dimensionamento dos patamares, porventura das boas práticas de execução, tal como preponderantemente de segurança nos trabalhos a serem executados, tendo em consideração o passado histórico que em nada abona em favor da indústria extrativa, apesar da sua necessidade.

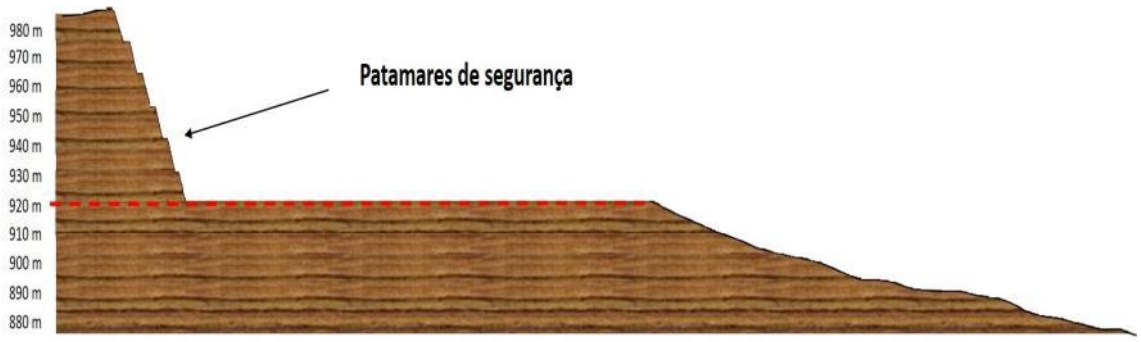


Figura 126 - Esquema ilustrativo em perfil da exploração a céu aberto, situação final com os patamares de segurança deixados para trás e a antiga topografia, onde a linha vermelha figura a cota plana que ficará a uma cota de 920 m

Em cada patamar ocorrerão operações de transportes com “dumpers” em ambos os sentidos, sendo para isso necessário que a extensão destes patamares seja suficiente para realizar operações de transporte dos camiões segundo as respetivas normas de segurança. Realça-se

que nos patamares de segurança não circularão veículos, a não ser esporadicamente e em caso de necessidade, carros de menor dimensão ou tratores.

O esquema seguinte representa apenas os patamares onde ocorrerão os trabalhos de extração e vias de acesso, onde sejam permanentemente garantidas as normas de seguranças, depois de terraplanado o terreno. Para tal é necessário que haja espaço suficiente para o trânsito do dobro dos equipamentos, neste caso para poderem transitar dois veículos em simultâneo, um em cada sentido. Dimensionou-se que, no mínimo, a largura da plataforma correspondente a, pelo menos, 3,5 vezes a largura máxima dos camiões, tendo sido utilizado um fator de 4. Este dimensionamento pode ser observado na imagem que se segue, que está à escala, em que os camiões "dumpers" representam esquematicamente as dimensões mínimas para segurança (Figura seguinte).

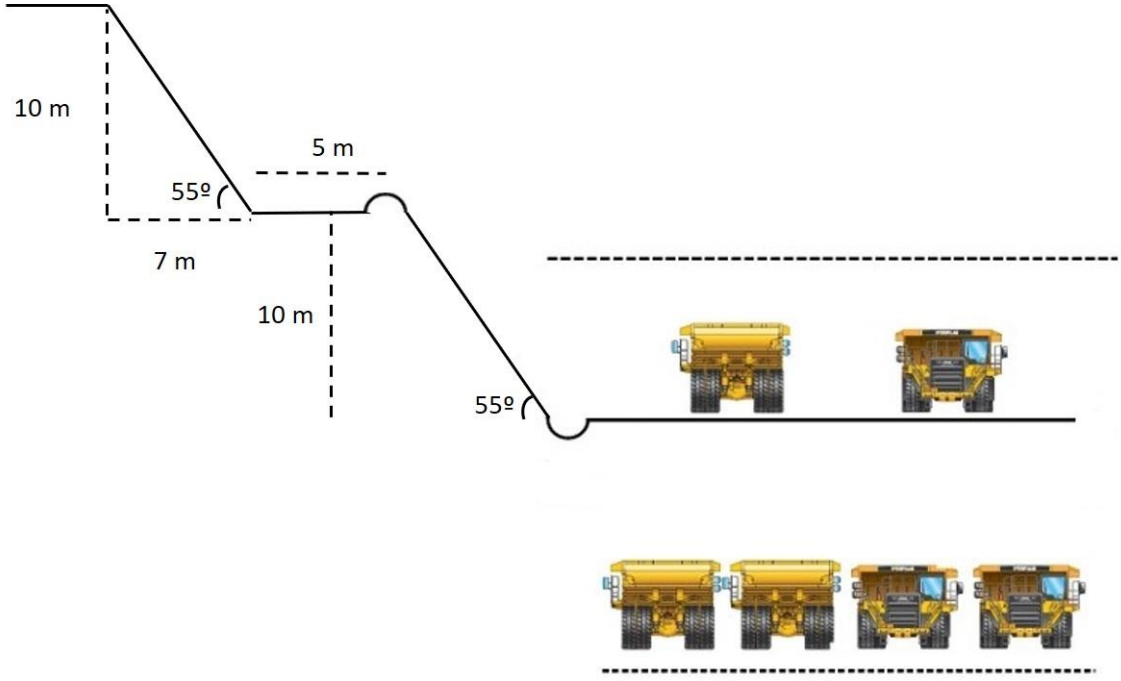


Figura 127 - Esquema representativo da exploração de desmonte a céu aberto

3.1.4. Equipamentos de desmonte

Sempre que possível e houver disponibilidade no mercado, será utilizada maquinaria nas quais a fonte de energia seja totalmente elétrica, de modo a combater o passivo ambiental, diminuindo assim a libertação de gases nocivos para a atmosfera. Nos subcapítulos seguintes serão explanadas as principais máquinas usadas para o desmonte. A buldózer CAT D11T para

remoção da cobertura vegetal no terreno e preparação do mesmo e o minerador de superfície para desmonte de material rochoso, a Vermeer TL1255.

3.1.4.1. Buldózer Caterpillar D11T

Como referido nos trabalhos de desmonte a céu aberto, recorrer-se-á a uma buldózer CAT D11T para a movimentação de materiais e criação de vias de acesso (Figura seguinte). Para além disso, a buldózer D11T irá empilhar o material resultante da extração do minerador de superfície para que a pá carregadora apenas movimente o braço para carregar os dumpers. Este equipamento apresenta uma massa de 104 236 kg, sendo distribuído em 4,55 m de altura e 10,53 m de comprimento total. A largura das lâminas da buldózer pode estar compreendida entre 3,93 m e 5,05 m, com uma altura de 1,62 m a 2,53 m. Dependendo do modelo de lâmina escolhido, a capacidade da lâmina é de 27,2 m^3 a 43,6 m^3. A Caterpillar D11T possibilita ainda a inclinação das lâminas entre 1,34 m e 1,18 m, esta inclinação otimiza o ângulo de tombamento da lâmina e aumenta a produtividade até 10 %. Apresenta ainda profundidade de escavação entre 0,69 m e 0,77 m e profundidades de penetração do ripador entre 1,1 m e 2,17 m, dependendo do arranjo do mesmo. Em relação à sua velocidade, importante para os processos de cálculo dos ciclos, a buldózer possui velocidade máxima em marcha-atrás de 14 km/h e de 11,8 km/h em sentido da lâmina de arraste.

A operação da D11T tem sido constantemente aprimorada com um pacote de isolamento acústico opcional que fornece uma redução de até 6 dB(A) (ISO 6395) no nível de potência sonora médio para as pessoas próximas e de até 4 dB(A) (ISO 6396) no nível de pressão sonora médio para o operador. Os testes segundo a norma ISO 6396-2008 para um ciclo de trabalho reportam 79 dB(A) para o operador e no exterior segundo a norma SAE J88 APR95, manobrado com a engrenagem intermédia e em movimento, distanciado de 15 m, esta buldózer emite 87 dB(A).

A D11T apresenta potência total, segundo a norma ISO 14396, de 677 kW e de 634 kW de potência líquida, segundo as normas J1349/ISO 9249. Para estes valores, a emissão de gases corresponde aos padrões da diretiva norte-americana U.S. EPA Tier 4 Final, representados pelo quadro abaixo.

Quadro 28 - Índice de emissão de gases para D11T

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Líquida 683 Kw (g/h)	Emissão - Potência Total 765 kW (g/h)

CO	3,5	2219,00	2369,50
HC	0,19	120,46	128,63
NOx	0,67	424,78	453,59
PM	0,03	19,02	20,31

Figura 128 - Buldózer- Caterpillar D11T para apoio aos trabalhos iniciais

3.1.4.2. Vermeer TL1255

Para a realização da exploração a céu aberto utilizar-se-á um equipamento próprio para tal, no caso o minerador de Superfície de Precisão (Vermeer TL 1255 *Terrain Leveler Single Sided Direct*) (Figura abaixo).

Figura 129 - Minerador de Superfície de Precisão (Vermeer TL 1255 Terrain Leveler Single Sided Direct)

No que toca ao material a ser extraído, as manobras podem ser executadas de modo a direcionar com precisão o minério separando-o do que é considerado estéril, evitando deste modo a elevada acumulação deste tipo de material. Este tipo de extração permite ainda a redução no custo energético no que concerne aos processos de trituração de rocha primários, aumentando não só a eficácia dos processos como também reduzindo o desgaste dos sistemas de trituração seguintes. A seleção prévia do material, permite uma otimização da extração a céu aberto, separando o estéril do minério.

O investimento e escolha desta máquina podem ser explicados pela rentabilização inerente à mesma, pois impõe uma redução dos elevados custos de manutenção dos equipamentos de carga e transporte, em virtude de o solo ficar nivelado e limpo. Esta última função adicional remete para a necessidade da possível abertura de novos acessos e a manutenção das mesmas, que permitem o transporte e normal decorrer dos trabalhos. O minerador de superfície consome 115,5 L/hr de combustível, segundo indicações do fabricante do motor e considerando carga máxima a 100%. No entanto, pela experiência da *Vermeer*, o minerador aponta para cargas máximas durante aproximadamente 80% do tempo, dependendo de um conjunto de fatores. Assim sendo, para efeitos de cálculo considera-se um consumo médio de 100 L/hr. Relativamente às emissões CO_2, e considerando 2 640 g/L de gasóleo, para um consumo de 100 L/hr, as emissões respetivas seriam de 264 kg/hr.

Em relação às partículas finas em suspensão, estas, comparativamente aos processos de extração com recurso a explosivos, serão em larga escala menores, pois o método utilizado

não só seleciona o material a ser extraído, como também diminui a poeira libertada para o meio, devido a um coletor de poeiras acoplado à máquina. O equipamento suportará cortes laterais entre 3 a 7 m e pode atingir profundidades até 68,6 cm.

Atendendo às características das rochas previamente estudadas e dos volumes a desmontar que totalizam 8 967 200 m^3, e visto que possui uma produção média de 500 m^3/hora, considerando dois (2) turnos de trabalho e deduzindo 20 % do trabalho correspondente a manutenções, abastecimento e outras paragens diversas, o minerador necessitará de no total exercer 21 522 horas de trabalho (17 935 h x 20 %= 21 522 horas). A área e os cálculos estimados aqui apresentados são para a totalidade das duas fases da exploração a céu-aberto.

Este equipamento apresenta potência total de 447,4 kW ou 600 cv. Consoante estas especificações. Para estes valores, a emissão de gases corresponde aos padrões da diretiva norte-americana U.S. EPA Tier 4 Final, Etapa IV, representados pelo quadro abaixo.

Quadro 29 - Quadro de emissão de gases da Vermeer TL1255

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência 447,4 Kw (g/h)
CO	3,5	1565,90
HC	0,19	85,00
NOx	0,40	178,96
PM	0,025	11,19

3.1.5. Ciclo de Produção

O ciclo de produção extrativo ocorrerá em etapas previamente definidas, de modo a estabelecer uma sequência otimizada de processos, que seguirá todas as normas de seguranças estabelecidas. A produção decorrerá em diferentes etapas, como desmonte, empilhamento e carregamento, conforme é possível observar na Figura seguinte.

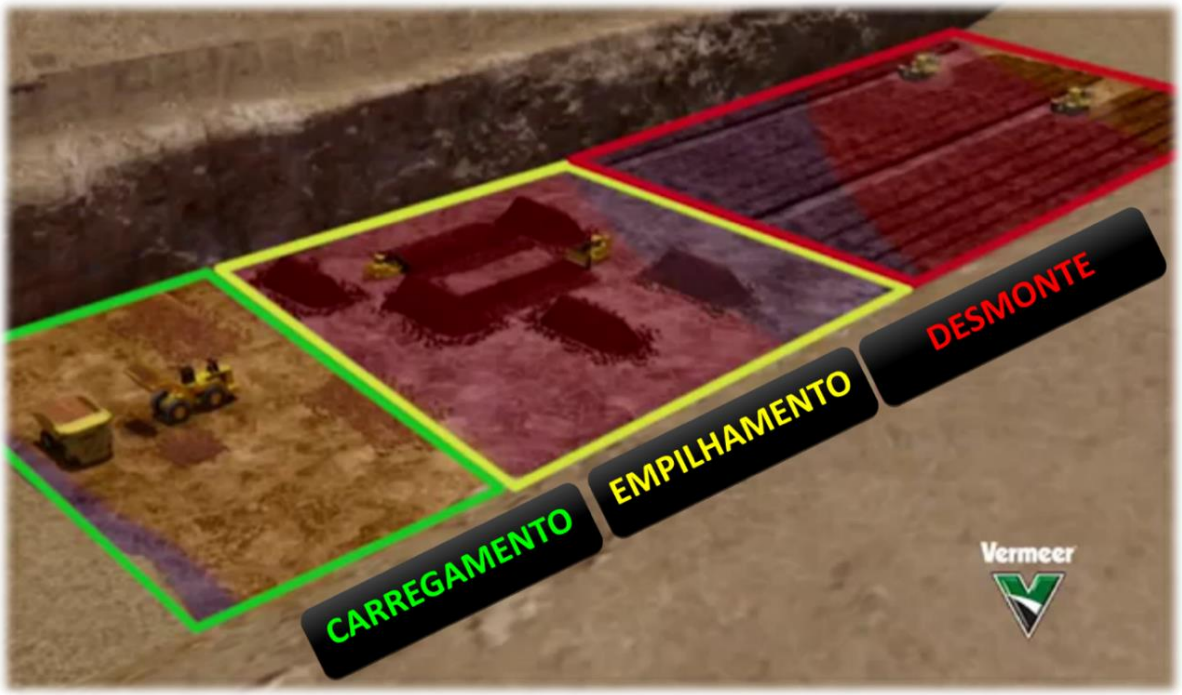


Figura 130 - Mineração, empilhamento, carregamento e transporte do material

Fonte: Vermeer

O desmonte do material rochoso ocorrerá com o minerador de superfície supracitado, que desagregará o material rochoso em pequenas porções de rocha, podendo ser considerado como uma primeira britagem devido à desagregação com os bites que a máquina efetua no decorrer no processo de extração.

Essa produção será em BCM, metro cúbico de material tal e qual como se encontra no seu estado natural, i.e., material agregado, compacto, que é passível de extração e com uma densidade definida (2,55). No caso de LCM, corresponde a um metro cúbico de material cujo estado natural foi perturbado, havendo um aumento do volume por descompactação do material com menor densidade (1,71).

O minerador de superfície, para extrair os 8 967 200 m^3 da área planeada executará a extração em cerca de 21 522 horas considerando os 500 m^3/h. Da volumetria total de rocha extraída, que corresponde a 8 967 200 m^3 depois de extraído do seu estado de "situ", com a descompactação do material rochoso, iremos ter um fator de empolamento de 49 %, logo o volume total de rocha irá ser 13 361 128 m^3. Considerando que 277 200 m^3 será de material aplito-pegmatítico a ser aproveitado, teremos 693 000 toneladas BCM que correspondem a um volume empolado de 413 028 m^3 em LCM. De material estéril (micaxisto) serão 21 725 000 ton (8 679 000 m^3) BCM que após extraído, correspondem a um volume empolado de 12 948

100 m^3 LCM. Assim pondera-se calcular o número de ciclos necessários para a movimentação destes materiais rochosos.

Após a desagregação do extrato rochoso, este material será empilhado com a buldózer D11 formando pilhas de material, categorizando logo à partida, e sempre que possível a separação do material aplito-pegmatítico de cor esbranquiçada e a rocha hospedeira (micaxisto), para que os processos subsequentes sejam eficientes, levando a que o material a seguir para a britagem seja logo à partida o material seletivo.

De seguida, o material será carregado com a pá carregadora CAT 992K para os camiões Dumper, CAT 777, que irão transportar para os devidos destinos, o estéril (micaxisto) será transportado para sul para a escombreira e o material aplito-pegmatítico será transportado para o depósito de minério bruto previamente para depois ser transportado por tela transportadora para a plataforma afeta à britagem. Esta otimização permitirá o planeamento dos ciclos para uma rentabilização dos trabalhos a serem executados durante estes processos, evitando que máquinas nunca fiquem paradas e dependentes, pois consideravelmente a eficiência em cada um dos processos nunca ocorrerá a 100 %. Por exemplo, a pá carregadora, em cada atividade nunca irá conseguir ter uma eficiência de modo a suprimir e preencher a 100 % o dumper, supondo que será apenas 90% por cada pá carregada, no final para encher o dumper irão ser necessariamente precisos alguns ciclos de carregamento a mais.

Para a exploração a céu aberto acima referida, será necessário mobilizar material, já contabilizando com a construção dos patamares de segurança, cerca de 8 967 200 m^3 BCM de material rochoso. Sendo que, como mencionado anteriormente, teremos um volume empolado de 13 361 128 m^3 de rocha LCM, que tendo sido retirada do seu estado de situ, ocupa um maior volume a ser considerado para a contabilização do número de ciclos da frota mineira. Dos 13 334 010 m^3 de rocha LCM, correspondem 413 028 m^3 de minério LCM e de material estéril (micaxisto) serão 12 948 100 m^3 LCM.

A pá carregadora CAT 992K efetuará a movimentação de 13 361 128 m^3 LCM de material rochoso a ser mobilizado, para isso, terão de ser realizados 1 204 520 ciclos completos de carregamento. No que concerne aos três (3) Dumpers CAT 777 terá de efetuar 117 585 ciclos de transporte, dos quais 110 530 ciclos servirão o propósito de transporte de estéril para a área temporária do mesmo localizada a sul, enquanto os restantes 7 055 ciclos de transporte de material pegmatítico serão designados para a área de deposição de material a ser transportado para a zona de britagem e separação óptica.

Todo o material será movimentado prevendo o carregamento e o transporte de forma eficiente, por exemplo, os dumpers utilizarão o declive a seu favor quando carregados, e quando descarregados se necessário vencer esses mesmos declives.

Este tipo de estratégia promove a eficiência dos trabalhos, tornando-os mais sustentáveis e com reduções de custos associados aos esforços da maquinaria, seja por desgaste da maquinaria, levando-as a uma depreciação mais rápida, com necessidades de manutenção maiores, ou pela energia/combustível que as faz executar os trabalhos.

3.1.5.1. Metodologia

Uma vez desagregado, o material será empilhado em diversas pilhas pelo buldózer CAT D11T para facilitar o trabalho de transporte. Subsequentemente, uma pá carregadora irá recolher o material desagregado e transferir para dumpers, que por sua vez transportarão os materiais para o processamento a jusante ou para a escombreira, no caso do material ser estéril. Nos locais de deposição do minério bruto e na escombreira de estéril, duas pás carregadoras irão mobilizar o material, tanto para alimentar a torva que segue para a britagem como na disposição de material na escombreira de estéril (Figura seguinte).

Minerador de superfície - Vermeer TL1255

Buldózer - CAT D11

Pá carregadora- CAT 992K

Dumper - CAT 777

Figura 131 - Sequenciamento das máquinas a utilizar para a exploração a céu aberto

3.1.6. Equipamentos de ciclo de produção

Dos equipamentos de produção, resultam a buldózer D11T para empilhamento do material, três (3) pás de carregamento, das quais duas (2) CAT 988 (uma no depósito temporário de estéril e outra na zona de britagem) enquanto a terceira pá carregadora será uma CAT 992K que carregará os dumpers. Os dumpers serão cinco (5), divididos em dois (2) CAT 745 e três (3) CAT 777 para transporte dos materiais extraídos, para a acomadação do estéril na escombreira e ainda para a zona de deposição de minério bruto.

Abaixo serão explanadas no quadro, quais as máquinas mencionadas para a execução dos trabalhos implícitos para a produção, as quantidades e funções que irão exercer. Durante a breve elucidação dos equipamentos, apresentar-se-ão as etapas a serem realizadas por cada máquina, conforme segue na descrição.

Quadro 30 - Máquinas a utilizar nos trabalhos a decorrer na exploração a céu aberto para exploração, correção do terreno e deposição nos locais apropriados

Máquinas	Modelo	Quantidade	Funções/Local
Minerador de superfície	Vermeer TL1255	1	Extração
Pá carregadora	CAT 992K	1	Extração
Escavadora	CAT 390F	1	Extração
Pá carregadora	CAT 988K	1	Deposição estéril
Pá carregadora	CAT 988K	1	Alimentar Britagem
Dumper	CAT 777G	3	Extração
Dumper	CAT 745C	2	Extração
Buldózer	CAT D11T	1	Extração
Buldózer	CAT D8T	1	Deposição estéril
Niveladora	CAT 140H	1	Construção/manutenção
Escavadora	CAT 374F	1	Construção/manutenção
Cilindro	CAT CS74	1	Construção/manutenção

O quadro seguinte explana o sequenciamento dos trabalhos a serem executados pelas máquinas acima referidas.

Quadro 31 - Sequenciamento dos trabalhos na exploração a céu aberto

Sequenciamento dos trabalhos na exploração a céu aberto	
Atividades	
Faseamento	
Terraplanagem do terreno (buldózer D11T)	
Pá carregadora- CAT 390	
Dumper-CAT 745C	
Correção do aterro-CAT D8T	
Cilindro-CAT CS74	
Minerador de superfície (Vermeer)	
Empilhar material (Buldozer D11T)	
Carregamento (Escavadora CAT 992K)	
Transporte (Dumpers CAT 777)	
Armazenagem de minério bruto ou escombreira de estéril	

3.1.6.1. Buldózer Caterpillar D11T

A buldózer D11T irá empilhar o material resultante da extração do minerador de superfície para que a pá carregadora apenas movimente o braço para carregar os dumpers. Este equipamento apresenta uma massa de 104 236 kg, sendo distribuído em 4,55 m de altura e 10,53 m de comprimento total. A largura das lâminas da buldózer pode estar compreendida entre 3,93 m e 5,05 m, com uma altura de 1,62 m a 2,53 m. Dependendo do modelo de lâmina escolhido, a capacidade da lâmina é de 27,2 m^3 a 43,6 m^3. A Caterpillar D11T possibilita ainda a inclinação das lâminas entre 1,34 m e 1,18 m, esta inclinação otimiza o ângulo de tombamento da lâmina e aumenta a produtividade até 10 %. Apresenta ainda profundidade de escavação entre 0,69 m e 0,77 m e profundidades de penetração do ripador entre 1,1 m e 2,17 m, dependendo do arranjo do mesmo. Em relação à sua velocidade, importante para os processos de cálculo dos ciclos, a buldózer possui velocidade máxima em marcha-atrás de 14 km/h e de 11,8 km/h em sentido da lâmina de arraste.

A operação da D11T tem sido constantemente aprimorada com um pacote de isolamento acústico opcional que fornece uma redução de até 6 dB(A) (ISO 6395) no nível de potência sonora médio para as pessoas próximas e de até 4 dB(A) (ISO 6396) no nível de pressão sonora médio para o operador. Os testes segundo a norma ISO 6396-2008 para um ciclo de trabalho reportam 79 dB(A) para o operador e no exterior segundo a norma SAE J88 APR95, manobrado com a engrenagem intermédia e em movimento, distanciado de 15 m, esta buldózer emite 87 dB(A).

Figura 132 - Buldózer- Caterpillar D11T para apoio aos trabalhos iniciais

3.1.6.2. Buldózer CAT D8T

A buldózer irá efetuar trabalhos no terreno de modo a facilitar o carregamento e respetivo transporte e disposição do estéril na escombreira (Figura seguinte). Este equipamento irá dispor o material numa mesma zona, sob a forma de pilha, com o intuito de facilitar o processo de coleta dos mesmos.

Este equipamento apresenta uma massa de 38 351kg, sendo distribuído em 3,48 m de altura e 4,65 m de comprimento. A largura das lâminas da buldózer pode estar compreendida entre 3,93 m e 5,05 m, com altura de lâmina de 1,62 m a 2,53 m. Dependendo do modelo de lâmina escolhido, a capacidade de arrasto será entre 5,2 m^3 a 22,1 m^3. A Caterpillar D8T possibilita ainda a inclinação das lâminas entre 0,77 m e 0,99 m, esta inclinação otimiza o ângulo de tombamento da lâmina e aumenta a produtividade até 10 %. Apresenta ainda profundidade de escavação entre 0,51 m e 0,63 m e profundidades de penetração do ripador de 1,13 m. Em relação à sua velocidade, importante para os processos de cálculo dos ciclos, a buldózer possui velocidade máxima em marcha-atrás de 14,6 Km/h e de 10,6 km/h em sentido da lâmina de arraste.

Relativamente a potência desta máquina, indicam valores de 233kW ou 312 cv para valores médios, segundo as normas ISO 9249/SAE J1349, assim como valores de 252 kW ou 335 cv para valores de potência máxima, segundo as normas ISO 9249/SAE J1349.

Os testes na operação da D8T segundo a norma ISO 6396-2008 para um ciclo de trabalho reportam 75 dB(A) para o operador e no exterior, segundo a norma ISO 6395-2008, esta buldózer emite 113 dB(A).

Do ponto de vista de emissão de gases, este equipamento apresenta-se dentro das diretivas norte-americana U.S. EPA Tier 4 Final, europeia EU Estágio IV e coreana Korea Tier 4. No caso específico, para as potências estabelecidas para este equipamento, 233 kW/h a 252 kW/h, obtém-se a Categoria Q do Estágio IV da normativa europeia. Estas potências apresentam valores de índice de emissão de 3,5 g/kWh de CO, 0,19g/kWh de HC, 0,4 g/kWh de NOx e 0,025 g/kWh de PM, que, no caso específico, representam emissões entre 815,5 a 882 g/h de CO, 44,27 a 47,88 g/h de HC, 93,2 a 100,8 g/h de NOx e Os valores estão indicados no quadro abaixo.

Quadro 32 - Valores de emissão de gases para CAT D8

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Média 233 kW (g/h)	Emissão - Potência Máxima 252 kW (g/h)
CO	3,5	815,5	882
HC	0,19	44,27	47,88
NOx	0,4	93,3	100,8
PM	0,025	5,82	6,3

Figura 133 - Buldózer Caterpillar D8T

3.1.6.3. Pá carregadora CAT 992K

Trata-se de uma máquina de escavação hidráulica de grande porte, que realizará o trabalho de coleta de material, dispostos em pilhas, e descarregará em camiões dumpers.

Este equipamento apresenta uma massa de 99 831 kg, sendo distribuído em 5,68 m de altura (sem levar em conta o braço mecânico, caso contrário 6,93 m) e 15,736 m de comprimento (Figura seguinte). A capacidade de transporte da pá varia entre 10,7 a 12,3 m^3, consoante a densidade do material a ser carregado. O equipamento permitirá o carregamento do material extraído a céu aberto para dumpers, sendo que estes efetuarão o transporte para a zona de deposição de material aproveitado ou para a zona da escombreira de estéril. Com a capacidade de carga única em causa, a depender das dimensões da pá e da caçamba, até completar a carga dos dumpers, assumindo que esta terá um rendimento de 90%, ou seja, uma capacidade de carga efetiva de 9,63m^3a 11,07 m^3.

A operação da 992K efetuada em testes segundo a norma ISSO 6396-2008 para um ciclo de trabalho reportam 70 dB(A) para o operador e no exterior segundo a norma ISSO 6395-2008, esta pá carregadora emite 116 dB(A).

Relativamente a potência desta máquina, indicam valores de 607kW para valor médio, assim como valores de 676 kW valor de potência máxima.

O Sistema de Redução de NOx Cat utiliza um sistema de gases de escape resfriados para reduzir as temperaturas de combustão e impedir a formação de NOx. Isso é feito através do desvio de uma parte dos gases de exaustão através de resfriadores dedicados antes de serem misturados com ar fresco e entrar novamente na entrada do motor. O ar de combustão é diluído com gás inerte, o que reduz a temperatura de combustão, resultando em redução de NOx.

Todos os motores a diesel EPA Tier 4 da União Europeia (EU) Estágio IIIB e IV e Japão (MLIT) Etapa 4 são obrigados a usar apenas combustíveis "*Ultra Low Sulphur Diesel*" (ULSD) contendo 15 ppm (mg/kg) de enxofre ou menos. Misturas de biodiesel até B20 são aceitáveis quando misturadas com 15 ppm (mg/kg) de enxofre ou menos ULSD e quando a matéria-prima de biodiesel atende às especificações ASTM D7467. Também no que diz respeito aos óleos altamente controlados e serão utilizados o Cat DEO-ULS ou óleos que atendem às especificações Cat ECF-3, API CJ-4 e ACEA E9.

Do ponto de vista de emissões de gases, este equipamento apresenta-se dentro das diretivas norte-americana U.S. EPA Tier 4 Final. No caso específico, para as potências estabelecidas para este equipamento, 607 kW/h a 671 kW/h, obtém-se a Classe 4, Tabela 4 da normativa norte-americana. Os valores estão indicados no quadro abaixo.

Quadro 33 - Valores de emissão de gases para CAT 992K

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Líquida 607 kW (g/h)	Emissão - Potência Total 671 kW (g/h)
CO	3,5	2124,5	2348,5
HC	0,19	115,33	127,49
NOx	0,67	406,69	499,57
PM	0,03	18,21	20,13

Figura 134 - Escavadora Caterpillar 992K em operação

3.1.6.4. Pá carregadora CAT 998K

Trata-se de uma máquina de escavação hidráulica de grande porte, que efetuará trabalhos de carregamento e disposição de material na zona de britagem e para o depósito temporário de de estéril, respetivamente (Figura abaixo).

Este equipamento apresenta uma massa de 51 062 kg. A capacidade de transporte da pá varia entre 4,7 a 13 m^3, consoante a densidade do material a ser carregado. O equipamento permitirá o carregamento do material extraído a céu aberto para a alimentação na zona de britagem, e ainda, a disposição do material estéril no empilhamento da escombreira. Com a capacidade de carga única em causa, a depender das dimensões da pá e da caçamba, assumindo que esta terá um rendimento de 90%, ou seja, uma capacidade de carga efetiva de 4,23 m^3 a 11,70 m^3.

A operação da 998 efetuada em testes segundo o desempenho do ruído, final do TIER 4/Estágio IV-padrão e supressão e a norma ISSO 6396-2008 para um ciclo de trabalho reportam 72 dB(A) para o operador e no exterior segundo a norma ISSO 6395-2008, esta pá carregadora emite entre 109-111 dB(A).

Em termos de força, esta máquina apresenta potência líquida, segundo norma SAE J1349, de 403kW e potência total, segundo ISO 14396, de 432kW. No que diz respeito ao Equivalente ao TIER 2/Estágio II-padrão e supressão, e das mesmas normas ISO mencionadas acima, os valores de emissão de ruído dentro da cabine mantêm-se, assim como os níveis de ruído da máquina.

Do ponto de vista de emissões de gases, este equipamento apresenta-se dentro das diretivas norte-americana U.S. EPA Tier 4 Final. No caso específico, para as potências estabelecidas para este equipamento, 403 W/h a 432kW/h, obtém-se a Classe R, Tabela 3, do Estágio IV da normativa europeia. Os valores estão indicados no seguinte quadro.

Quadro 34 - Valores de emissão de gases para CAT 988K

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Líquida 403 kW (g/h)	Emissão - Potência Total 432 kW (g/h)
CO	3,5	1410,5	1512
HC	0,19	76,57	82,08
NOx	0,67	270,01	289,44

PM	0,03	12,09	12,96

Figura 135 - Pá carregadora CAT 988

3.1.6.5. Pá carregadora CAT 390F

Esta máquina apresenta uma massa de 86 840 kg, sendo distribuído em 13,69 m de comprimento, com 4,41 m de largura e 4,89 m de altura. Com uma potência líquida de 524 cv equivalentes a 391 Kw, enquanto que a potência total é de 534 cv ou 398,2 Kw. O braço desta máquina pode alcançar os 10 m, com uma pá com 3,9 m^3, onde considerando apenas 90 % de rendimento da máquina ficaremos com uma capacidade de carga de 3,51 m^3. Possui também uma capacidade máxima de escavação a cerca de 7,16 m (Figura seguinte).

Do ponto de vista de emissões de gases, este equipamento apresenta-se dentro da diretiva europeia EU Estágio V. No caso específico, para as potências estabelecidas para este equipamento, 391 kW/h, obtém-se a Classe 4, Tabela 4 da normativa norte-americana. Os valores estão indicados no quadro abaixo.

Quadro 35 - Valores de emissão de gases para CAT 390F

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Líquida 391 kW (g/h)	Emissão - Potência Total 398,2 kW (g/h)
CO	3,5	1368,50	1393,70
HC	0,19	74,29	75,66
NOx	3,5	1368,50	1393,70
PM	0,045	17,60	17,92

Figura 136 - Pá carregadora-CAT 390F

3.1.6.6. "Dumpers" ou camiões fora-de-estrada CAT 777G

Um Dumper ou camião basculante (Figura seguinte) é um veículo utilizado na indústria de exploração mineira para transporte de grandes quantidades de material desagregado, desde a área onde este é explorado até à escombreira de estéril ou zonas de deposição.

Estes equipamentos possuem uma grande capacidade de transporte entre 89 m^3 a 126 m^3, a depender da densidade do material, assumindo um rendimento de carga de 90 %, se convertem em 80,1 m^3 e 113,4 m^3 Este modelo economiza os custos de manutenção e de combustível, fornecendo, no entanto, a mesma potência e resposta.

Em termos de potência, estes equipamentos apresentam potência total, segundo as normas SAE J1995, de 765 kW, e, potência líquida, segundo as normas SAE J1349 e 80/1269/EEC, de 683 kW.

Sendo importante determinar a sua velocidade de transporte, entre a exploração a céu aberto e o seu destino final (escombreira ou depósito de minério bruto), esta varia entre 75 km/h e 6,1 km/h, estando dependente da carga, assim como das características do terreno, compactação, atrito, inclinação do terreno, entre outros. Idealmente está pensado em aproveitar a topografia para o transporte dos materiais, sendo que os camiões apenas serão requisitados para vencer maiores inclinações quando se encontrarem descarregados e por outro lado quando carregados aproveitaram a topografia e declives a favor da deslocação, permitindo a poupança das máquinas, assim como dos níveis de energia utilizados. Este tipo de medidas permitirá um desenvolvimento sustentável ambientalmente.

Os testes segundo a norma SAE J1166 – fevereiro de 2008 para um ciclo de trabalho reportam 73 dB(A) para o operador e no exterior, segundo a norma SAE J88-2008, manobrado com a engrenagem intermédia e em movimento, distanciado de 15 m, esta buldózer emite 83 dB(A).

Do ponto de vista de emissões de gases, este equipamento apresenta-se dentro da diretiva europeia EU Estágio V. No caso específico, para as potências estabelecidas para este equipamento, 607 kW/h a 671 kW/h, obtém-se a Classe 4, Tabela 4 da normativa norte-americana. Os valores estão indicados no quadro abaixo.

Quadro 36 - Valores de emissão de gases para CAT 777G

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Líquida 683 kW (g/h)	Emissão - Potência Total 765 kW (g/h)
CO	3,5	2390,50	2677,50
HC	0,19	129,77	145,35
NOx	3,5	2390,50	2677,50
PM	0,045	30,74	34,43

Figura 137 - "Dumpers" ou camiões fora-de-estrada Caterpillar 777 no aproveitamento topográfico para o transporte de material

3.1.6.7. "Dumpers" ou camiões fora-de-estrada CAT 745C

Um Dumper ou camião basculante (Figura seguinte), é um veículo utilizado na indústria de exploração mineira para transporte de grandes quantidades de material desagregado, desde a área onde este é explorado até à escombreira ou zonas de deposição de minério para processamento.

Estes equipamentos possuem uma grande capacidade de transporte entre 18,5 m^3 a 25 m^3, a depender da densidade do material, assumindo um rendimento de carga de 90 %, convertem-

se em 16,7 m^3 e 22,5 m^3 Este modelo economiza os custos de manutenção e de combustível, fornecendo, no entanto, a mesma potência e resposta.

Este equipamento apresenta potência líquida, segundo a norma ISO 14396, de 376 kW, e, de potência total, segundo a norma SAE J1995, de 381 kW.

Sendo importante determinar a sua velocidade de transporte, entre a exploração a céu aberto e o seu destino final (depósito temporário de estéril ou deposição de minério bruto), esta varia entre 54,8 km/h e 6,1 km/h, estando dependente da carga, assim como das características do terreno, compactação, atrito, inclinação do terreno, entre outros. Idealmente está pensado em aproveitar a topografia para o transporte dos materiais, sendo que os camiões apenas serão requisitados para vencer maiores inclinações quando se encontrarem descarregados e por outro lado quando carregados aproveitaram a topografia e declives a favor da deslocação, permitindo a poupança das máquinas, assim como dos níveis de energia utilizados. Este tipo de medidas permitirá um desenvolvimento sustentável ambientalmente.

A exposição sonora do operador Leq (nível equivalente de pressão sonora) medido de acordo com os procedimentos do ciclo de trabalho especificados em ANSI/SAE J1166 outubro de 1998 é de 76 dB (A) para a cabine, quando instalada e testada adequadamente com as portas e janelas fechadas.

Do ponto de vista de emissões de gases, este equipamento apresenta-se dentro da diretiva europeia97/68/CE Estágio V. No caso específico, para as potências estabelecidas para este equipamento, 376 kW a 381 kW, obtém-se o Estádio V da normativa europeia. Os valores estão indicados no seguinte quadro:

Quadro 37 - Valores de emissão de gases para CAT 745

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Média 376 kW (g/h)	Emissão - Potência Máxima 381 kW (g/h)
CO	3,5	1316,00	1333,50
HC	0,19	71,44	72,39
NOx	0,4	150,40	152,40
PM	0,045	16,92	17,15

Figura 138 - Dumper Caterpillar 745

3.1.6.8. Niveladora CAT 140H

A niveladora CAT 140H (Figura abaixo), servirá para a construção e manutenção das vias de acesso aos demais trabalhos decorridos na exploração a céu aberto e nas áreas circundantes que carecem da intervenção para os mesmos efeitos.

Esta máquina apresenta uma massa de 14 661 kg, sendo distribuído em 8.71 m de comprimento e com 2,46 m de largura. Com uma potência líquida de 165 cv(123 Kw), potencial total de 185cv (138 kw) e um braço com um raio de giro de 7,40 m. A lâmina tem como dimensões 3,67 m de largura e 0,61 m de altura que permitem uma profundidade máxima de corte de 0,74 m.

No que concerne aos seus ângulos de movimentação, para taludes, esta máquina exerce um tem como máximo 65º, já no que diz respeito aos ângulos do tombamento, oscilação entre eixos traseiros e dianteiros, inclinação das rodas dianteiras e articulação o chassi, estes são 40º/ 5º (frontal/traseira), 15º/25º (para cima/ para baixo), 32º, 18º e 20º, respetivamente.

Do ponto de vista de emissões de gases, este equipamento apresenta-se dentro da diretiva europeia97/68/CE Estágio V. No caso específico, para as potências estabelecidas para este

equipamento, 123 kW a 138 kW, obtém-se o Estádio V da normativa europeia. Os valores estão indicados no quadro abaixo.

Quadro 38 - Valores de emissão de gases para CAT 140H

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Líquida 123 kW (g/h)	Emissão - Potência Total 138 kW (g/h)
CO	3,5	430,50	483,00
HC	0,19	23,37	26,22
NOx	3,5	430,50	483,00
PM	0,045	5,54	6,21

Figura 139 - Motoniveladora CAT 140H

3.1.6.9. Escavadora CAT 374F

A escavadora CAT 374F (Figura seguinte), servirá para a construção e manutenção das vias de acesso aos demais trabalhos decorridos na exploração a céu aberto e nas áreas circundantes que carecem da intervenção para os mesmos efeitos.

Esta máquina apresenta uma massa de 73 270 kg, sendo distribuído em 12,66 m de comprimento, com 3,40 m de largura e 4,63 m de altura. Com uma potência líquida 472 cv (352 kw) e potência total de 486 cv (362 Kw).

Do ponto de vista de emissões de gases, este equipamento apresenta-se dentro da diretiva europeia97/68/CE Estágio V. No caso específico, para as potências estabelecidas para este equipamento, 352 kW a 362 kW, obtém-se o Estádio V da normativa europeia. Os valores estão indicados no quadro abaixo.

Quadro 39 - Valores de emissão de gases para CAT 374F

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Líquida 352 kW (g/h)	Emissão - Potência Total 362 kW (g/h)
CO	3,5	1232,00	1267,00
HC	0,19	66,88	68,78
NOx	3,5	1232,00	1267,00
PM	0,045	15,84	16,29

Figura 140 - Escavadora CAT 374F

3.1.6.10. Cilindro CAT CS74B

O equipamento CAT CS74B (Figura seguinte) é um cilindro compactador de solos de alta performance. Esta máquina apresenta como função compactar as primeiras camadas dos solos de modo a aumentar a resistência a rotura dos mesmos.

A CAT CS74B apresenta 16 toneladas de massa total distribuídos em 3,11m de altura, 6,05 m de comprimento e 2,33 de largura. O rolo compactador apresenta largura de 2134 mm e raio de 3,68m. Ao todo a máquina apresenta potência de 129,5kW com um motor Cat C4.4. O sistema vibratório apresenta força centrífuga máxima de 332kN.

Do ponto de vista de emissões de gases, este equipamento apresenta-se dentro da diretiva europeia97/68/CE Estágio V. No caso específico, para as potências estabelecidas para este equipamento, 129,5 kW, obtém-se o Estádio V da normativa europeia. Os valores estão indicados no quadro abaixo.

Quadro 40 - Valores de emissão de gases pela CAT CS74B

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência 129,5 kW (g/h)
CO	3,5	453,25
HC	0,19	24,61
NOx	3,5	453,25
PM	0,045	5,18

Figura 141 - Cilindro CAT CS74B

3.2. Exploração subterrânea

3.2.1. Caracterização do jazigo

3.2.1.1. Geometria do Jazigo Mineral

O jazigo mineral é tabular com direção este-oeste com uma extensão horizontal ("strike") de cerca de +830,00 m e com uma inclinação de aproximadamente 55° a 70° (Dip), com um máximo de possança do jazigo mineral de 68 m, no que diz respeito ao "Romano" (Figuras seguintes). O minério está associado a diques pegmatíticos, no qual a principal exploração vai incidir sobre o pegmatito principal denominado de Romano. No entanto, existem outros diques a sul deste, que devem ser explorados. O centro de gravidade do jazigo encontra-se a uma cota de +769,00 m nas coordenadas [33 527 E;229 911 N], segundo o sistema de referência PTM06 -ETRS089.

De acordo com a modelação geológica/geométrica do Jazigo feita pela Datamine prevê-se uma recuperação do minério de 100%, apenas limitada pela possança mínima dos diques de pegmatito e correspondentes custos económicos de extração. A rocha encaixante do Jazigo (micaxisto) e rejeitados provenientes da Lavaria de Concentração do minério poderão ser usados para Enchimento/Backfill dos desmontes da mina de acordo com a metodologia a decidir em Projeto ("Rock Fill" e "Paste Fill"). De acordo com o valor do metal contido no minério e respetivo teor é aconselhável eleger um Método de Desmonte em grande escala que proporcione o máximo de seletividade, implicarão menor produtividade e maior OPEX e CAPEX.

Para o Planeamento Mineiro da mina subterrânea e com base nas informações prévias, considera-se explorar na mina subterrânea cerca de 14 307 000 toneladas de minério, sendo que 693 000 serão exploradas no desmonte em céu-aberto. Assim sendo e prevendo uma reserva de 15 Mt de minério e com um ROM de 1,5 Mt/ano, estima-se que a produção/exploração se prolongue durante cerca de 10 anos.

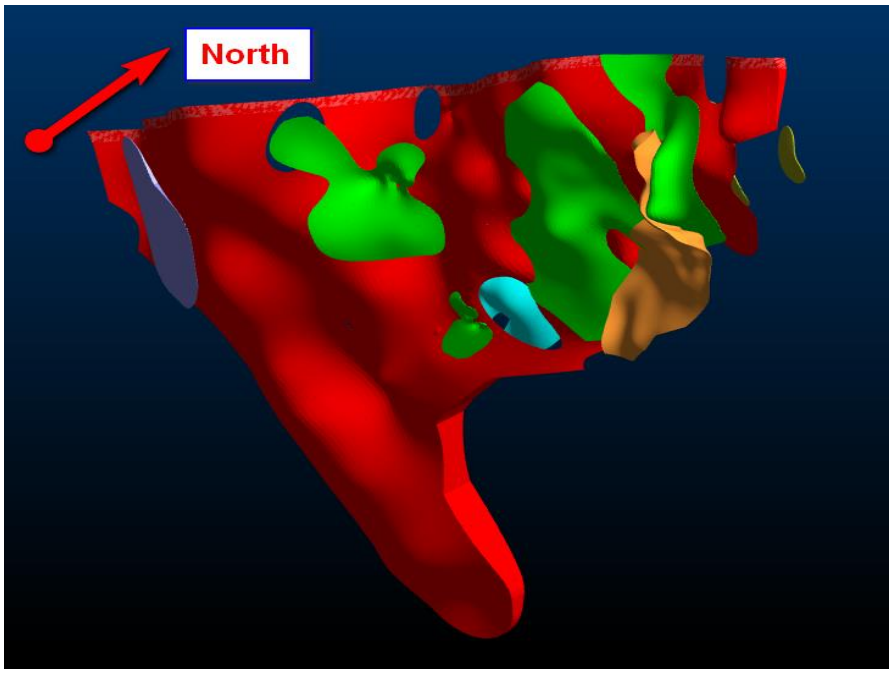


Figura 142 - Geometria do corpo mineral Romano. O teor de corte aplicado é definido pela concentração de lítio > 0,3% Li2O. Vista de Sudoeste (Fonte:Amberg)

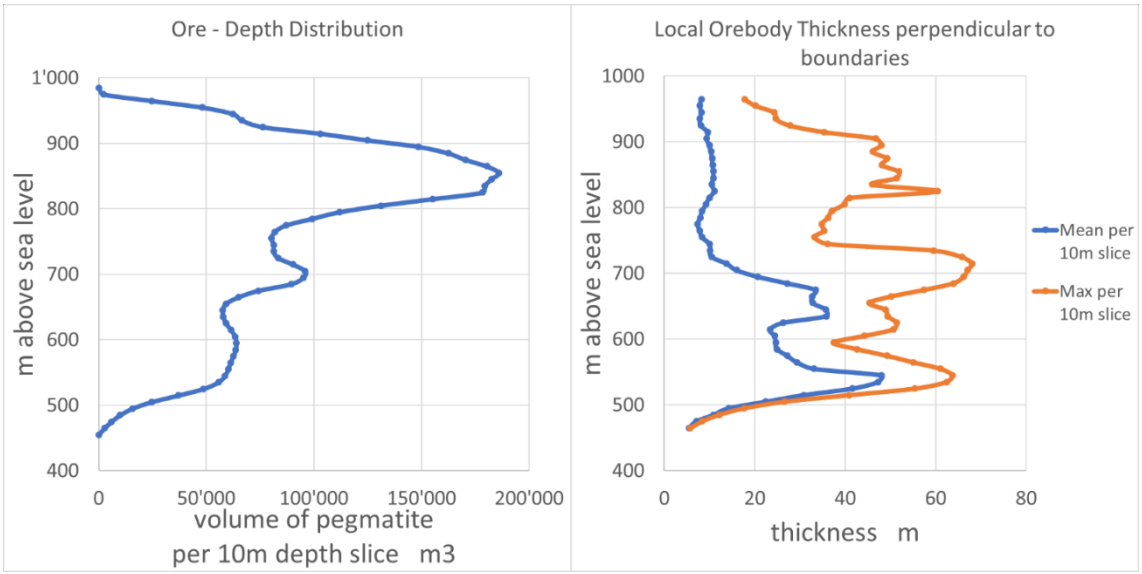


Figura 143 - Descrição estatística da geometria do corpo mineral "Romano" (Fonte: Amberg)

3.2.1.2. Caracterização Geomecânica

As propriedades geomecânicas do minério, bem como da rocha encaixante (micaxistos) são parâmetros determinantes para definição do Layout da mina e Método de Desmonte a implementar. Nesse sentido, foram realizados ensaios de RCU (Resistência à Compressão Uniaxial) segundo a norma *ASTM D2938* nas litologias alvo do futuro desmonte. As amostras

localizadas a 130 m abaixo da superfície mostram algum índice de alteração, enquanto as amostras mais profundas não demonstram esse mesmo índice. A resistência à compressão uniaxial (RCU) média das amostras é de 40 MPa (com um mínimo de 14,7 MPa) e a resistência média das amostras sem índice de alteração é de 72 MPa (com um mínimo de 32,5 MPa) (Quadro abaixo). Geralmente, a resistência do micaxisto é menor que a resistência das amostras de pegmatito. Os diâmetros, profundidades e sondagens foram escolhidos aleatoriamente de acordo com a disponibilidade de amostra, não comprometendo as dimensões adequadas dos provetes à norma.

As condições de mecânica das rochas estão sob investigação até ao momento, mas assumem-se serem favoravelmente boas, com valores de RMR> 60 ("*Rock Mass Rating*"). Foram ainda calculados os valores de RQD ("*Rock Quality Designation*"). Este índice indica o grau de fracturação numa amostra/testemunho de sondagem/tarolo de rocha medida pela relação entre a soma de todos os tarolos de material maiores que 10 cm e o comprimento total do furo, onde RQD de 75% ou mais revela rocha de boa qualidade e menos de 50% rochas de

Amostra	W	Furo LRS	Profundidade (m)	Diâmetro Carote	REFERÊNCIA AMOSTRA	Resultado Resistência Compressão (RCU) (MPa)

baixa qualidade (Quadro abaixo).

Quadro 41 - Quadros de resultados RCU, Índices e classificação RQD

Pegmatito	1	5	184,80	HQ	1	117,5
Pegmatito	1	5	229,00	NQ	2	71,7
Pegmatito	2	2	38,45	HQ	4	12,4
Pegmatito	2	3	129,40	HQ	6	84,2
Aplito	1	5	179,50	HQ	9	94,3
Aplito	1	5	177,60	HQ	10	52,5
Aplito	2	2	39,55	HQ	12	25,3
Aplito	2	3	122,70	HQ	13	84,8
Micaxisto	1	5	247,75	NQ	15	32,5
Micaxisto	1	5	169,60	HQ	16	50,1
Micaxisto	2	3	32,60	HQ	18	14,7
Micaxisto	2	2	35,55	HQ	19	20,4

Índice RQD	
RQD (%)	**Classificação do maciço rochoso**
<25%	Muito fraco
25-50%	Fraco
50-75%	Razoável
75-90%	Bom
90-100%	Excelente

Os valores de RQD resultantes de interpretação e medição nos testemunhos das sondagens realizadas pela Lusorecursos revelam um valor médio de RQD no pegmatito, com uma média de 83 %, como tal considerado bom. Por outro lado, a rocha encaixante (micaxisto), apresenta como média 74 % de RQD, o que corresponde a um valor razoável (Quadro acima). No entanto, serão efetuadas novas investigações, com um maior espetro amostral e em maiores quantidades, para quantificar as rochas, no que concerne à competência geomecânica.

Os resultados indicam que o índice de alteração está relacionado com a parte superior do solo e não afeta as partes mais profundas da mina subterrânea. Além disso, a RCU/Resistência à Compressão Uniaxial do pegmatito, na qual ocorre a principal atividade de extração, indicia que possui boa qualidade. Além disso, o micaxisto, que é a rocha encaixante em causa, e na

qual está localizada a maior parte do desenvolvimento das infraestruturas da mina, possui também uma qualidade razoável de resistência à compressão e de RQD.

Quadro 42 - Valores obtidos nas sondagens realizadas pela Lusorecursos

Sondagens	Total de comprimento (m)	Comprimento de micaxisto (m)	Comprimento de pegmatito (m)	RQD no xisto (%)	RQD no pegmatito (%)
LRS02	109,10	78,67	30,43	63	90
LRS03	133,25	89,95	44,30	67	63
LRS04	147,00	126,30	20,70	72	62
LRS05	249,00	170,30	78,70	83	96
Total	638,35	465,22	174,13	74	83

3.2.2. Acesso à mina subterrânea/Desenvolvimento e Traçagem

Paralelamente aos trabalhos que decorrem a céu aberto, é importante a elaboração de trabalhos em profundidade para a exploração do corpo pegmatítico.

O conceito do método de exploração proposto para a Mina do "Romano" considera um conjunto de métodos que foram determinados pela avaliação de diversos fatores, tais como:

- Possança do corpo do minério, inclinação;
- Impacto da recuperação e diluição mineira;
- Minimização da traçagem;
- Produtividade e metas de produção anual.

É necessário proceder às escavações para o seu desenvolvimento e traçagem, às frentes de produção (desmonte). Está previsto a escavação de uma Rampa Principal de Acesso (MAR – *Main Access Ramp*), com um gradiente de cerca de 10 % a 11 %, comprimento de 1 600 m, que servirá para o rápido acesso aos demais trabalhos subterrâneos da mina e ainda também providenciará a circulação de camiões e outra maquinaria pesada, bem como para a extração do minério por tela transportadora.

A localização do Portal da Boca da Rampa Principal de Acesso encontra-se direcionada a norte, nas proximidades do Complexo de Anexos Mineiros. Dessa forma, minimiza-se a rolagem à superfície exposta aos agentes meteorológicos, sendo efetuado o transporte horizontal do minério da mina subterrânea. O Portal da Boca da Rampa Principal de Acesso encontra-se a uma cota de +860,00 m acima do nível do mar. Em razão desta Rampa atingir a cota prevista de términus de +705,00 m.

O desenvolvimento e traçagem da mina serão a Sul e a muro do Jazigo Romano, pelo que a Rampa providenciará acesso e serviço a essa zona. Nesta fase de EIA, é reconhecida a necessidade de um segundo acesso à mina, o Poço Principal de Acesso (MAS - *Main Access Shaft*), que servirá como saída de emergência, transporte de material para enchimento (*Backfill*) e ainda como alternativa para a extração do minério.

O Poço Principal de Acesso (MAS) deve situar-se perto do Jazigo em zona geológica e geotécnica favorável. A proximidade do poço ao Jazigo minimiza transporte bem como metragem de escavação da galeria horizontal, acesso do poço à infraestrutura da mina (central de britagem, rampas secundárias e traçagem dos desmontes de produção). A sua localização em zona geológica e geotécnica favorável implica menores dificuldades, menores custos,

menos tempo de escavação, bem como potencia a estabilidade da estrutura afeta ao Poço. Prevê-se que o poço seja aberto pelo Método de Raise-Boring e posterior alargamento (função do diâmetro final), obrigando que após a finalização da escavação da Rampa Principal se inicie a escavação da Galeria Horizontal de Acesso ao fundo do Poço (SCG-Shaft Access Gallery). (Ver Figura seguinte).

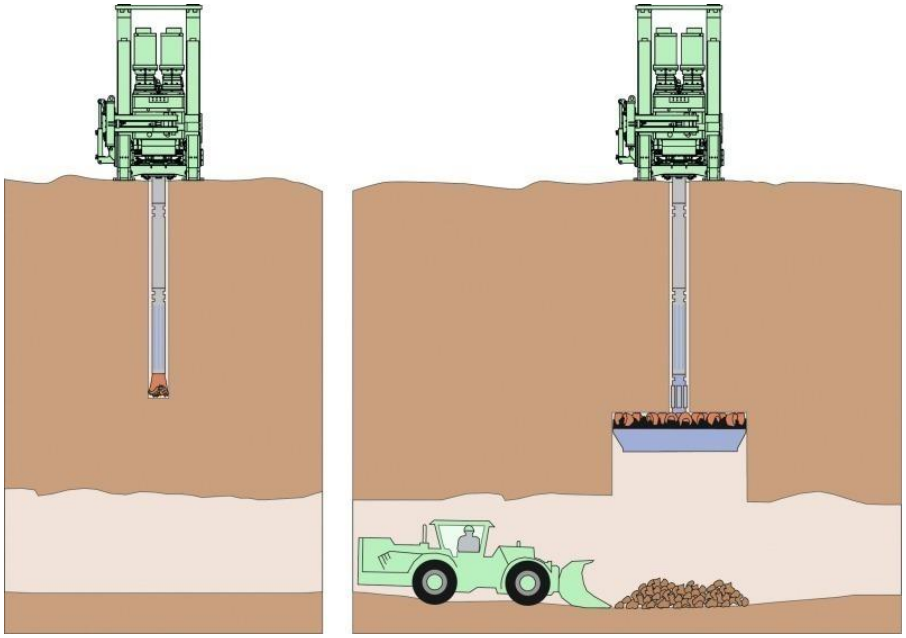


Figura 144 - Método de Raise Boring

3.2.2.1. Secção transversal da Rampa Principal de Acesso (MAR- Main Access Ramp)

A rampa de acesso ao jazigo mineral cumprirá diferentes funções em distantes fases do seu desenvolvimento:

- Numa primeira fase a Rampa Principal de Acesso (MAR) é uma infraestrutura que permite o início dos trabalhos de desenvolvimento e traçagem da mina/Jazigo, escavação da Central de Britagem, Albraques para bombagem das águas da mina (esgoto), Postos de Transformação de corrente elétrica, Oficinas Mecânica, entre outras unidades. Esta Rampa servirá também como infraestrutura para a construção e montagem da tela transportadora para extração do minério.
- Numa segunda fase será o circuito de remoção de estéril/escombro resultante dos trabalhos de desenvolvimento e traçagem por meio de camião, posterior extração do minério e (eventual) transporte de *Backfill*/*Rockfill*, também por camião enquanto não

estiver instalada a tela transportadora (com o objetivo de ser unicamente, se possível, para extração do minério). Durante a instalação da tela estas funções terão de ser garantidas pelo Poço Principal;

- Numa terceira fase, após escavada a infraestrutura de desenvolvimento e alguma de traçagem, a Rampa será usada para extração do minério (e eventualmente para transporte de *Backfill*/*Rockfill*);
- A Rampa Principal de Acesso (MAR), será também o circuito para transporte de pessoal durante as fases acima descritas e será uma das infraestruturas úteis para o processo de encerramento da mina. A Rampa servirá ainda como ventilação à mina subterrânea, durante toda a mina, mas principalmente na sua fase inicial.

Na construção da Rampa Principal de Acesso (MAR), a sua seção transversal mínima terá de considerar um sistema de correia transportadora num único hasteal (largura 2,0 m) mais uma pista para a circulação de equipamento de móvel mineiro (L = 3,0 m + 2,0x 1,0 m de folga), que resulta numa largura mínima exigida para a secção de 7,0 m e a altura mínima de 3,5 m. Considerando esta seção retangular da Rampa (MAR) de 2 x 7m, com abóboda elíptica de 7,0 m de diâmetro x 2,0 m flexa, totaliza uma seção de 46,5 m^2, mínimo de 50 m^2. Realça-se ainda que, nesta seção devem ser comportados a instalação de cabos elétricos, tubagens (água, *backfill*) e mangas de ventilação.

Em intervalos regulares ao longo da rampa de acesso, alguns alargamentos devem ser escavados para ampliar a seção transversal e permitir a passagem/cruzamento dos veículos da mina. O sistema de sustimento da rocha para controlo e garantia de estabilidade da Rampa durante a sua escavação e tempo de serviço deve ser aplicado de acordo com os requisitos do Projeto Geotécnico. Atualmente com base na limitada informação geotécnica disponível apenas se poderá afirmar que a Rampa de acesso com sustimento adequado é uma estrutura viável e exequível. Os Pormenores sobre a matéria sustimento serão posteriormente definidos, no entanto, consistirão essencialmente, como usual, de pregagens, malha-sol, betão projetado e cambotas/arcos metálicos.

3.2.2.2. Secção transversal do Poço Principal de Acesso (MAS- Main Access Shaft)

O Poço Principal será essencialmente usado para transporte do enchimento/Backfill/Rockfill para as frentes de desmontes na mina. Como alternativa o Poço pode ser usado para transporte de minério (durante períodos de manutenção na Rampa (MAR)). Como alternativa,

esta infraestrutura, também poderá funcionar como uma saída de emergência /SOS (e fará parte do sistema de ventilação, apesar de não ser essa a sua principal função).

O transporte de material a granel (enchimento/*backfill*, minério) será efetuado usando um sistema de elevação; Cavalete, máquina de extração e *Skips*. Com base nesses pressupostos, o Poço terá um diâmetro usual de 7,0 m. A depender do Planeamento e rendimento de escavação, com estudos elaborados adiante, com base nos custos, o Poço poderá ser aberto usando métodos descendentes ou usando o método Raise Boring e eventualmente alargado para o diâmetro final. O poço é uma infraestrutura crítica e deve ser localizado numa zona favorável em termos geológicos e geotécnicos, o que requer maiores investigações para que se confirme em definitivo o melhor método de escavação.

O sistema de sustimento da rocha, para controlo e garantia de estabilidade do Poço durante a sua escavação e tempo de serviço, deve ser aplicado de acordo com os requisitos do Projeto Geotécnico. Com base na limitada informação geotécnica disponível, realça-se que apenas se poderá afirmar que o Poço, com sustimento adequado, é uma estrutura viável e exequível. Os pormenores sobre o sustimento do Poço, posteriormente a definir, consistirão essencialmente e como usual, de pregagens, malha-sol, betão projetado (e cambotas/arcos metálicos).

3.2.2.3. Acesso ao jazigo do Romano

Para efeitos de estruturação do Jazigo/Depósito mineral dividiu-se em 3 Zonas distintas, com base nas informações geológicas, minério, volume, espessura e localização:

- Zona Superior Este com elevado volume e possança;
- Zona Superior Oeste com menor volume e possança;

e

- Zona Inferior Oeste com elevado volume e possança.

As Zonas Superior Este e Inferior Oeste do Jazigo serão assistidas por Rampas Secundárias individuais de desenvolvimento a muro do Jazigo iniciadas a partir da Rampa Principal de Acesso (MAR) na intersecção desta com a Galeria de Ligação ao Poço (SCG – *Shaft Connection Gallery*). Estas Rampas são respetivamente denominadas de Superior, com 3900 m e Inferior, com 4100 m (respetivamente UOR – *Upper Orebody Ramp* e LOR – *Lower Orebody Ramp*). As

Rampas (UOR e LOR) são paralelas ao eixo de extensão/comprimento do Jazigo (*Strike*) servindo os diferentes níveis de produção e terão um traçado adequado para instalação de telas de transporte; Troços retilíneos com gradiente abaixo de 10% e adequados raios de curvatura suaves (raio com ~10 m).

Estas Rampas *Strike* de desenvolvimento (UOR e LOR) possibilitarão a traçagem dos desmontes no Jazigo, a partir das quais se abrirão galerias transversais (*Cross Cuts*)/travessas perpendiculares a tecto e muro do Jazigo e a partir das quais se originarão as diferentes frentes de desmonte, com a produção a ocorrer em diferentes 4 frentes de trabalho.

Em virtude de a Zona Superior Oeste do Jazigo mineral evidenciar uma menor possança e volume, como consequência, menor será a produção/tonelagem de minério desmontado e a transportar e por essas razões, essa Zona será traçada por seis galerias *Strike* (USG – *Upper Strike Galleries*). Dessa forma iniciar-se-ão, cinco galerias a partir da UOR (*Upper Orebody Ramp*) e 1 a partir da LOR (*Lower Orebody Ramp*). No caso das galerias mencionadas, estão serão ascendentes com um gradiente ligeiramente superior a 3% para permitir a drenagem para as respetivas Rampas, UOR (*Upper Orebody Ramp*) e LOR (Lower Orebody Ramp). O comprimento total dessas galerias será de cerca de 1 600 m.

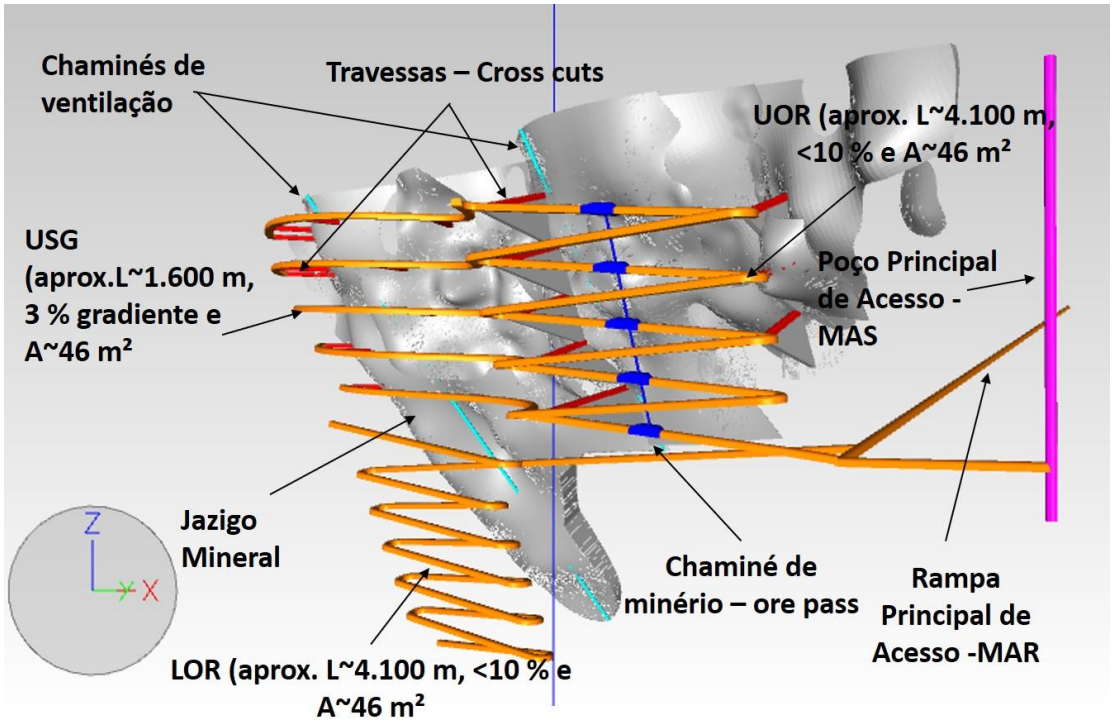


Figura 145 - O esquema ilustrativo representa o corpo geológico a cinzento. O MAS representa-se pela cor roxa e encontra-se figurado do lado direito da imagem. A vista representa-se a partir de Sudeste. Upper Orebody Ramp (UOR) e Lower Orebody Ramp (LOR), Upper Strike Galleries (USG), Frentes de produção - Cross Cuts da USG, UOR e LOR.

A secção transversal da UOR e LOR é a mesma da MAR. Provavelmente na UOR não será instalada uma tela transportadora do minério uma vez que estão previstas Chaminés de Minério para sua extração (Orepass). Eventualmente pode ser instalado uma tela para transporte do *Rockfill,* mas esse conceito necessita de ser mais tarde desenvolvido em fase de Projeto. Ainda, poderá ser considerado um Poço direto do Céu-Aberto para esta parte do Jazigo, para que possa servir o propósito de material para entrega direta/gravidade de *Rockfill* aos Desmontes. Durante a fase de desenvolvimento e construção das Rampas (UOR e LOR) toda a movimentação de material terá de ser feita usando camiões de mina/*dumpers* e em consequência terão de ser previstos alargamentos na Rampa Principal (MAR/*Main Access Ramp*) adequadamente espaçados.

A secção transversal a considerar para a Galeria Superior Strike (USG/*Upper Strike Gallery*) poderá ser ligeiramente menor do que a secção das Rampas UOR e LOR, visto que não será instalada uma tela transportadora na mesma (Figura abaixo). O sustimento destas infraestruturas da mina terá de ser definido e dimensionado para ser a longo prazo, de modo a garantir estabilidade e que será dimensionado, posteriormente em fase de Projeto.

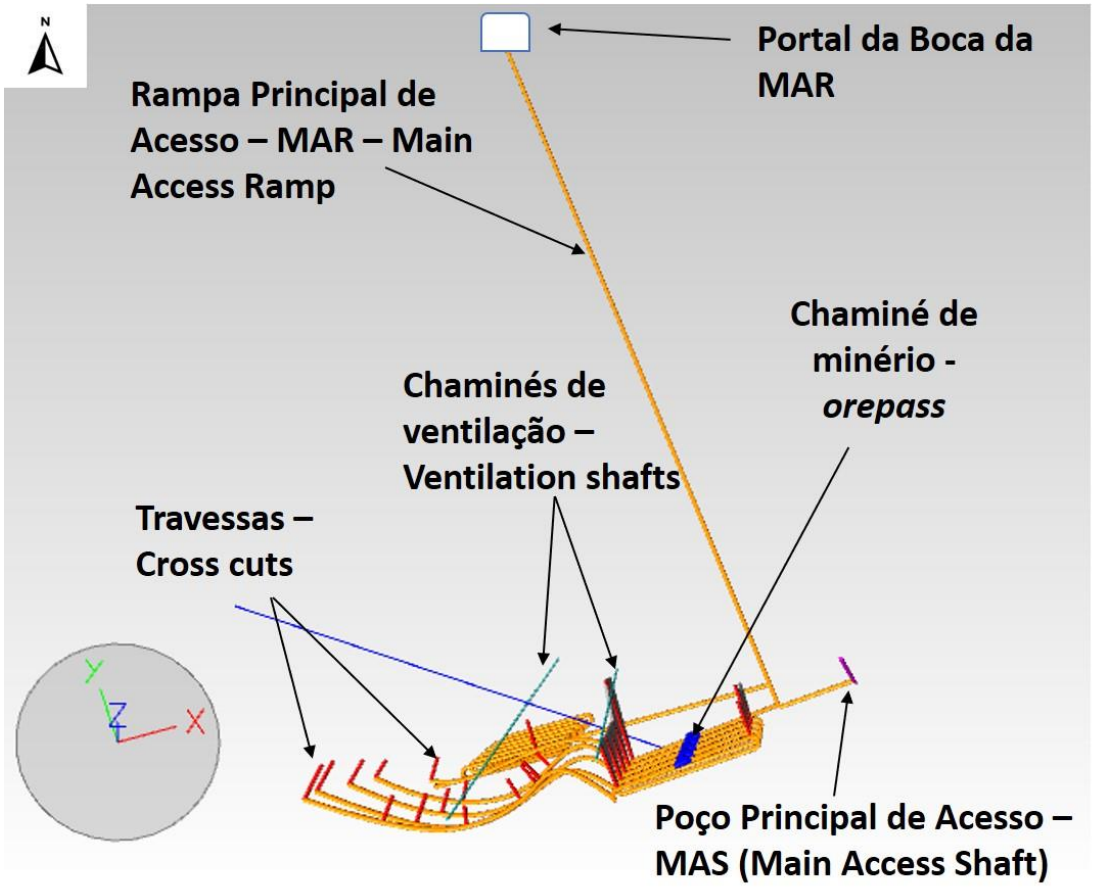


Figura 146 - Vista em planta da Rampa Principal de Acesso - MAR, para a extração do jazigo mineral

3.2.3. Desmonte do minério

Os trabalhos a efetuar em minas subterrâneas são obras de engenharia altamente complexas. A abertura de uma passagem/túnel aproveitará o relevo do terreno para possibilitar a exploração dos corpos aplito-pegmatíticos LCT (Lítio-Césio-Tântalo) mineralizados e será realizada com o auxílio de maquinaria apropriada para as tarefas subterrâneas. Assim, e sempre que necessário, concomitantemente com os trabalhos, serão realizados estudos e trabalhos de sustentação e suporte de rocha de modo a cumprir todas as normas de segurança.

O recurso mineral, conforme identificado através da modelação geológica/geométrica da Datamine, deve ser minuciosamente extraído de forma a rentabilizar o jazigo mineral ao máximo.

3.2.3.1. Método de Desmonte

O método de desmonte para a exploração subterrânea predominante considerado para a Mina do "Romano" é o "Long Hole Open Stoping" conhecido pela sigla("LHOS") com abordagens transversais (Figura 147) e longitudinais (Figura 148) consideradas da seguinte forma:

- Longitudinal LHOS para larguras de bancada de 3 a 15 m;
- Transversal LHOS para larguras de bancada superiores a 15 m.

O método LHOS implica a escavação de uma galeria a muro paralela ao jazigo mineral. Dessa galeria partirão travessas tecto-muro/cross-cuts a partir da qual se efetuarão os desmontes em sequência transversal na possança superior a 15m e longitudinal entre 3 a 15m.

Na sequência transversal ou se opta por desmontes primários e secundários, sendo os secundários desmontes de pilares adjacentes aos desmontes já terminados e com enchimento ou se opta por uma sequência continua, sem pilares e consequentemente com desmontes primários em que um hasteal é minério e outro o enchimento do desmonte anterior.

Na sequência longitudinal, a partir da travessa/cross-cut, abrir-se-á uma galeria longitudinal entre teto e muro paralela à strike do jazigo. No limite desta galeria iniciar-se-á a sequência de desmonte longitudinal em direção á travessa/cross- cut com furação em bancada em toda a possança ou em leque na galeria longitudinal. Após determinado recuo função da competência dos terrenos a teto e muro proceder-se-á ao enchimento da escavação/desmonte e continuará a sequência em recuo.

Ambas as sequencias poderão ser ascendentes ou descendentes e poder-se-ão simultaneamente iniciar a diferentes cotas o que implicará a respetiva definição de pilares de coroa ou soleira.

A produção total subterrânea compreende cerca de 20% em sequência longitudinal, 71% de bancadas transversais e ainda (9%) a serem extraídas a partir do desenvolvimento das próprias bancadas.

Os métodos mineiros foram eleitos em função da otimização da produção da mina, considerando o teor de corte e diluição.

Os métodos de produção eleitos, consideram o uso de “backfill” em pasta (“Pastefill” e ainda “rockfill” de estéril proveniente do desenvolvimento das galerias, utilizando assim, estes materiais como principal fator de indução de estabilidade do maciço e ainda do reaproveitamento de rejeitados e estéreis na mina subterrânea.

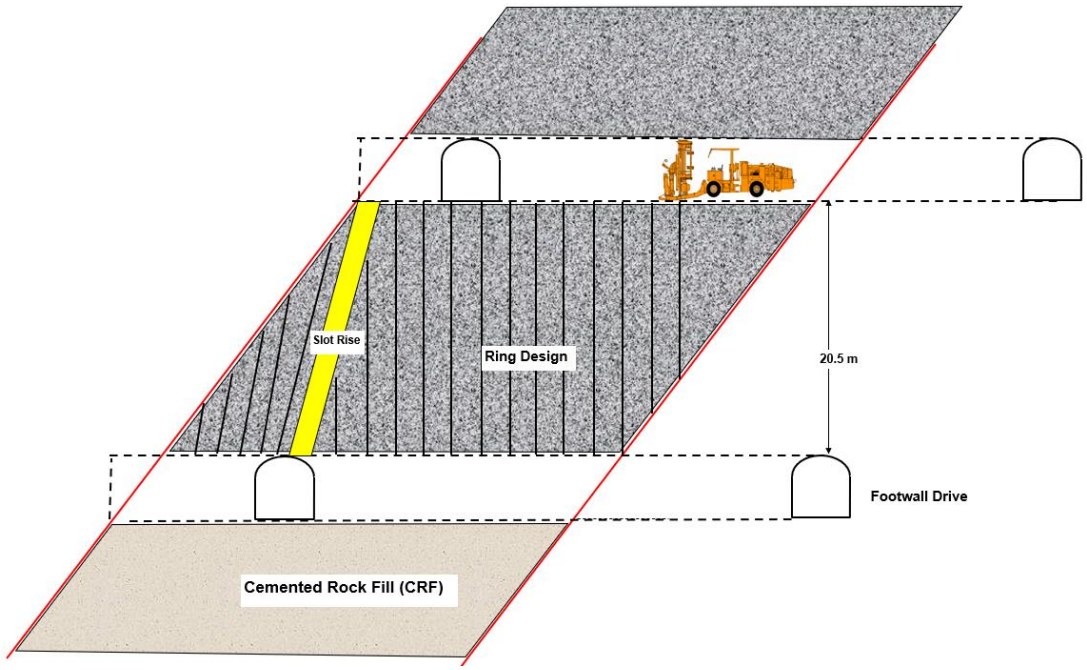


Figura 147 - Esquema do método LHOS transversal com utilização de CRF como “backfill”

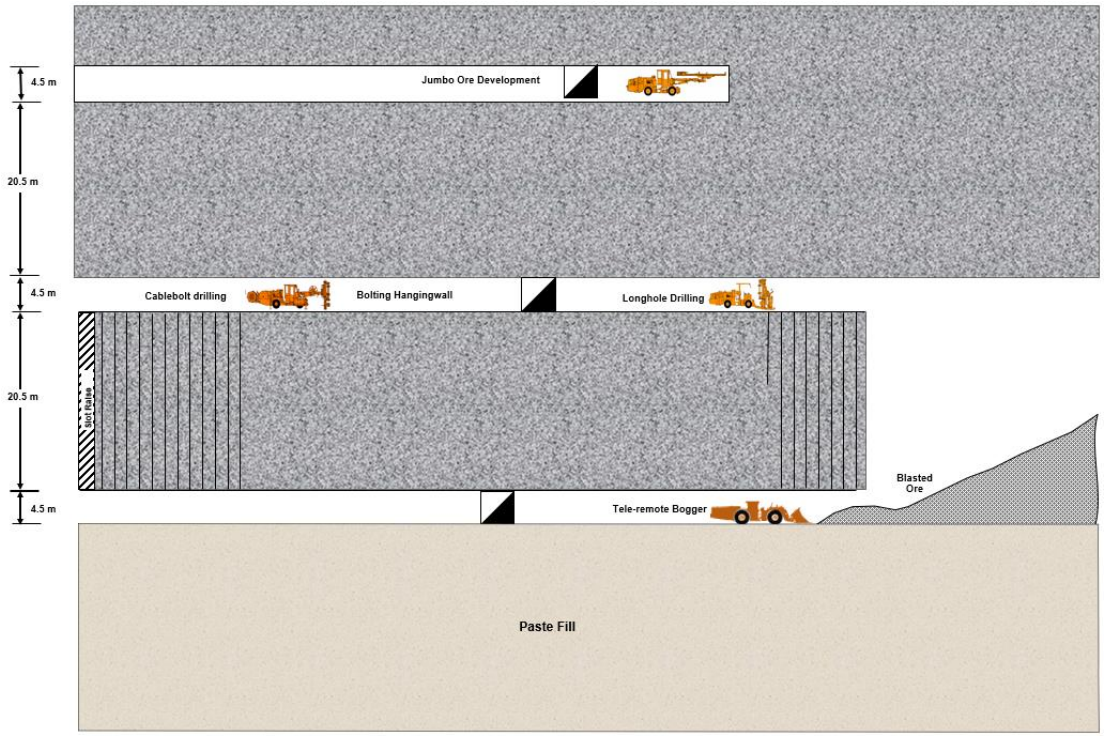


Figura 148 - Esquema do método LHOS longitudinal com utilização de "Paste Fill" como "backfill"

Os Métodos de Produção deverão ser seletivos, portanto, necessitam que ocorra a minimização da diluição do minério e a maximização da sua extração/produção. O avanço, progressão da exploração no Jazigo é alcançado por meio dos cortes ascendentes e ainda do uso de enchimento/*Backfill* para criar uma plataforma de trabalho que possibilite a referida sequência ascendente e induzir estabilidade no maciço e respetivos desmontes subsequentes.

Ambos os métodos implicam a existência de galerias paralelas a muro do jazigo, Galerias de Strike (o facto de melhor competência geotécnica na rocha encaixante, esta se posicionar a teto, no qual a infraestrutura se desenvolverá por esse hasteal do Jazigo). Na eventualidade dos terrenos apresentarem melhor competência geotécnica a teto do que a muro, a galeria em strike (paralela ao eixo do jazigo) poderá ser escavada não a muro, mas sim a teto.

Como já referido será a partir da galeria em strike (a teto ou a muro) que se iniciarão os desmontes com sequência longitudinal ou transversal, respetivamente ao longo da strike do jazigo/eixo longitudinal entre hasteais teto e muro ou de teto para muro, numa sequência perpendicular à strike do jazigo/eixo longitudinal.

Ambos os métodos de desmonte ascendentes poderão ser desenvolvidos a partir de diferentes níveis, de modo que, a produção seja iniciada o mais cedo possível. Salienta-se que nesse caso, irão ser criados Pilares de Soleira "Sill Pillars"-Coroa "Crown Pillars", que definirão blocos de produção (ver Figura seguinte). Nesses primeiros cortes, terá que usado "Backfill" de qualidade

adequada de modo que a aproximação do nível inferior ao nível superior, com redução progressiva do bloco de produção, se faça com segurança e o Pilar de Coroa "Crown Pillar" seja recuperado a 100% e a custo o mais reduzido possível.

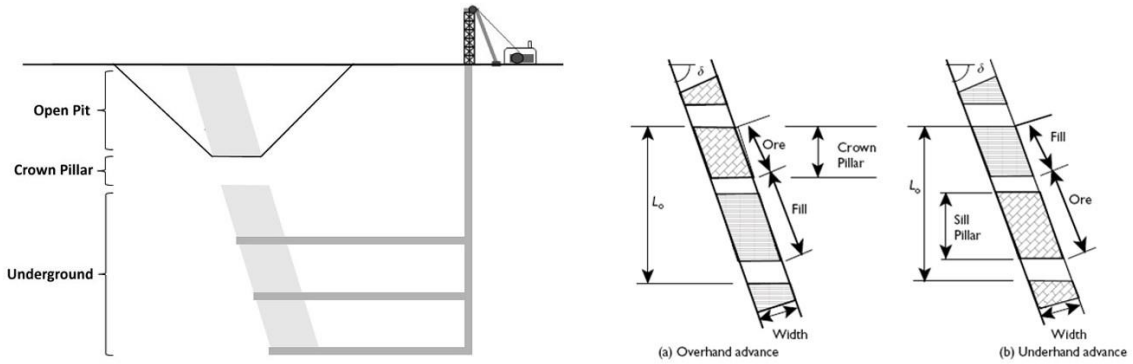


Figura 149 - Exemplos de pilares de coroa/crown pillars e de pilares de soleira/sill pillars

No caso da aproximação dos desmontes subterrâneos ao piso final do "Céu-Aberto" (cota +920,00 m) o método de desmonte do Pilar de Coroa "Crown Pilar", cuja espessura vertical irá diminuindo, em função da sequência ascendente, terá de ser bem estudado de modo a garantir segurança e eliminar eventuais subsidências a médio e longo prazo, não se podendo excluir a sua recuperação parcial, o que implicará perda de Reservas (Figura seguinte).

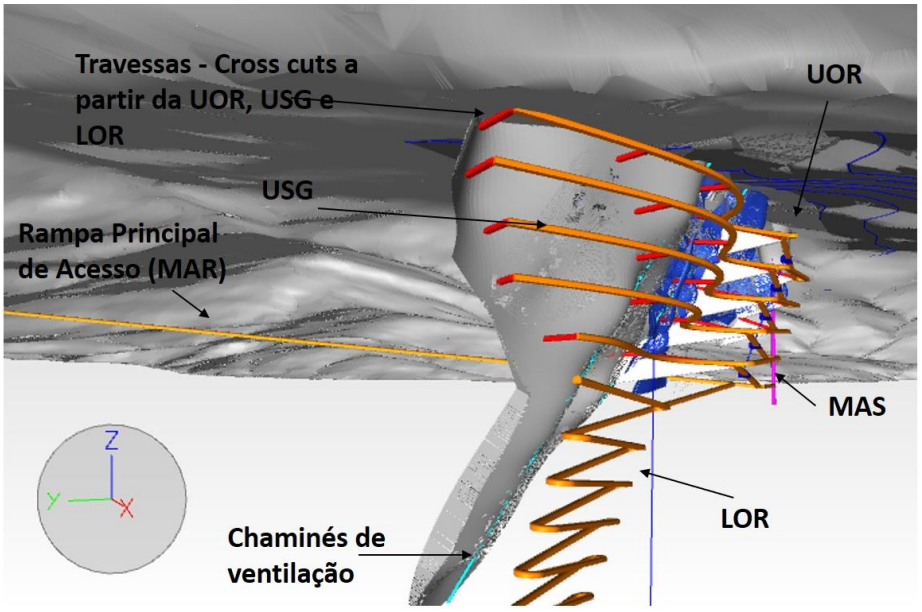


Figura 150 - Esquema da extração a realizar na exploração subterrânea. UOR- Upper Orebody Ramp, USG – Upper Strike Galleries, LOR – Lower Orebody Ramp, MAS – Main Access Shaft, MAR – Main Access Ramp.

No que concerne ao material a movimentar durante todas as fases do projeto e construção de infraestruturas auxiliares da primeira fase, segue-se abaixo um quadro com o comprimento total, a área da seção e o volume de material em metros cúbicos de BCM.

Quadro 43 - Volumetria em BCM do material a desmontar da construção das infraestruturas de apoio à exploração subterrânea

Estrutura	Comprimento (m)	Área seção (m^2)	Volume BCM (m^3)
Rampa Principal de Acesso - MAR	1.634	46	75.164
Poço Principal de Acesso -MAS	250	39	9.750
SCG – Shaft Connection Gallery	140	46	6.440
UOR – Upper Orebody Ramp	3.900	46	179.400
LOR – Lower Orebody Ramp	4.100	46	188.600
USG – Upper Strike Galleries	1.600	46	73.600
Chaminé de minério - *orepass*	180	3	540
Chaminé de ventilação Oeste	460	10	4.600
Chaminé de ventilação Este	250	10	2.500
Total	**12 514**	-	**540 594**

Todos os materiais e cargas explosivas a serem utilizadas na exploração subterrânea, serão providenciadas no próprio dia no qual se efetuará o desmonte. Este serviço será realizado por um fornecedor contratado, fazendo a entrega diária, na qual serão restituídos todos os explosivos não utilizados ao mesmo proponente contratado. Desta forma, nenhum explosivo será armazenado no local. Os explosivos serão transportados e colocados nas frentes de desmonte.

A quantidade de explosivos diária prevista a ser utilizada é de 2 513 kg de carga máxima, ou seja, quando a produção estiver em capacidade plena. Considerando uma produção de 4 300 toneladas de rocha/dia, equivalente a um volume aproximadamente de 1 650 m^3/dia e para uma densidade de 2,65 kg/m^3, calcula-se que a carga específica média é de 1,52 kg/m^3.

As detonações, serão sempre ao final de turno e na total ausência de trabalhadores em subterrâneo e nas proximidades, cumprindo em detalhe todas as normas de segurança definidas no PSS. O disparo é feito a partir da superfície, sendo cumprido o período necessário para ventilação, para remoção dos gases. Os disparos serão sempre efetuados cumprindo com a legislação em vigor e de acordo com a Regra Empírica Mineira: "Entre o Sol Nascente e o Sol Poente", a horas consideradas adequadas à não perturbação do descanso, sono das populações vizinhas. Em nenhuma circunstância se deixarão pegas carregadas por disparar.

O valor de 2 513 kg diários (valor definido tendo em consideração a produção anual de 1.500.000 Ton/ano e a carga especifica média prevista), refere-se que não haverá uma única pega diária com 2 513 kg que induzirá incomodidade.

Numa fase inicial de desenvolvimento da mina subterrânea (abertura da rampa de acesso principal), assumindo uma secção de 50 m^2, com uma carga de 1,52 kg/m^3, para avançar 1 metro, seriam necessários cerca de 76 Kg de explosivos. Assim sendo, nesta fase inicial do projeto de desmonte subterrâneo, existe a possibilidade que as pegas sejam reduzidas (máximo de 2 eventos de detonação diárias, sendo efetuadas nos turnos diários) e que no máximo, onde a depender das características (geológicas, geotécnicas, geomecânicas) avançar cerca de 3,4 m por pega, um volume de desmonte por pega de 170 m^2. Neste sentido, com a carga especifica média de 1,52 kg/m^3, teríamos a utilização de cerca de 258 kg de explosivos, valor este que numa fase inicial deverá ser considerado como valor mínimo a considerar.

Os turnos para a mina subterrânea estão definidos das 6h às 14h; 14h às 22h e das 22h às 6h, com período de 1h de descanso. Portanto, os trabalhos podem ser iniciados no turno noturno das 22h às 6h, mas o carregamento da frente de desmonte será efetivado pelo primeiro turno diário das 6h às 14h. Os desmontes com explosivos apenas decorrerão nos turnos diários, ou seja, 1º turno: 6h às 14h e 2º turno: 14h às 22h, ocorrendo dois eventos de detonações durante os turnos diários. Durante esses dois eventos de detonação, serão eventualmente realizadas 10 pegas a dividirem-se pelos dois eventos de detonação diários diurnos.

Relativamente à produção estimada de minério, numa fase avançada de maturidade da operação da mina subterrânea (2 513 kg de explosivos diários), não se pode estimar nesta fase

de estudo prévio, detalhes de operação do ciclo de produção (frentes de desmonte), estando esse grau de detalhe associado a Projeto de Execução da Mina.

O número de desmontes em produção simultânea, avanços por pegas (comprimento de furação e rendimento do avanço) será função da produção anual e diária previstas e ciclos de produção (que incluem as necessidades de ventilação após disparo, limpeza dos gases das detonações, aplicação de sustimento, remoção do escombro e/ou minério. Esses parâmetros são para definir com detalhe em fase de Projeto de Execução e afinar/calibrar em Fase de Produção.

A carga total da pega, a carga instantânea (por tempo de detonação) e a carga especifica, (diagrama de fogo) como acima referido, dependem das características, geológicas, geotécnicas e geomêcanicas dos materiais litológicos das frentes de avanço/produção, por consequência também da furação especifica e comprimento de furação da pega e como tal são parâmetros a ser definidos em fase de Projeto e com precisão/calibração em Fase de Produção. Será sempre respeitada a NP 2074/2015.

As proporções relativas dos diferentes tipos de explosivos, são passíveis de melhor análise em projeto de execução (Projeto de Produção), visto que, nesta temática, mesmo em efetiva operação no terreno, a dependerem das condições geológicas/geotécnicas/geomecânicas dos terrenos, os planos de fogo/diagrama de fogo teoricamente definidos, poderão e deverão ser ajustados a essas condições. Estabelecer nesta fase de projeto, a proporção dos diferente explosivos, seria uma metodologia errónea e ambígua. No entanto, considera-se que possam ser utilizados emulsões, cordão detonante, retardadores/temporizadores, boosters, entre outros materiais e todos serão produtos homologados, habitualmente utilizados na indústria mineira nacional e internacional. A tecnologia das pegas de fogo (detonadores) será não-elétrica mas sim do tipo Nonel. Não se utilizará Anfo encartuchado ou a granel.

De acordo com a legislação em vigor, desde abril de 2015, a situação de utilização de explosivos obriga a cumprir os preceitos da legislação sobre a rastreabilidade, designadamente cumprindo os preceitos que constam dos DL 265/2009 e 33/2013.

3.2.4. Metodologia

O jazigo é essencialmente tabular e com uma inclinação acentuada de aproximadamente 55° a 70° de inclinação. A possança horizontal típica é de 10 m na parte superior (acima da cota de +720,00 m) e 30 m na parte inferior (abaixo da cota de +720,00 m), com um máximo de 68 m. As condições e os parâmetros de mecânica das rochas estão em contínua investigação, mas o RQD e a resistência do pegmatito (a ser extraído) e do micaxisto são geralmente favoráveis.

O enchimento do "backfill" depois de concluída a extração do recurso mineral, será realizado com recurso à rocha estéril e ainda com os resíduos/rejeitados/tailings da lavaria dos processos químicos e de concentração no Complexo de Anexos Mineiros (que são principalmente lamas, micas, biotite e moscovite).

Serão utilizados os métodos de extração LHOS, transversal e longitudinal, explanadas nos subcapítulos anteriores, com recurso ao uso de explosivos para desmonte de rocha. No que concerne ao método de *LHOS,* usar-se-á em ambos os sub-métodos, explosivos para desmonte, com seis máquinas perfuradoras Jumbo Boomer(*Drift*) M2C e Boomer (bancada) M6C que irão efetuar a furação para aplicar o diagrama de fogo para desmonte das rochas pegmatíticas LCT da concessão "Romano". Nesta etapa, e para estabelecer um diagrama de fogo, vários fatores serão considerados, tais como: produção por pega de fogo, diâmetro do furo, comprimento do furo, sobrefuração, inclinação do furo, número de furos, espaçamento entre furos, atacamento, carga específica, tempos de disparo e carga instantânea específica. O diagrama de fogo será estabelecido numa fase posterior em projeto de execução e operação.

Numa frente de trabalho, decorrerá inicialmente a furação de acordo com o diagrama de fogo a definir com o auxílio dos jumbos de "drift" e de bancada. Sendo que, os jumbos "drift" executarão essencialmente o desenvolvimentos dos acessos, por outro lado, os jumbos de bancada/"boomer" serão para a produção em LHOS. Como referido anteriormente, existirão 4 frentes de trabalho a ocorrer em simultâneo em diferentes níveis (cotas) da mina subterrânea, para que possam ser alcançados os objetivos de produção anual de 1,5 Mt de ROM. Os furos são preenchidos com explosivos e segue-se o disparo. Após a etapa de rebentamento da frente rochosa, é importante ventilar as frentes de explosão de modo a dissipar os gases, realizar operações de saneamento mecânico e saneamento manual, verificar a total explosão de todas as cargas e ainda a rega do material desmontado/escombro para assentar eventuais poeiras em suspensão.

Conforme os estudos elaborados e ainda não definitivos devido ao desconhecimento detalhado das características do maciço, definir-se-á o número de metros que poderá haver no túnel e respetivas passagens sem que haja a necessidade de sustimento e suporte, denominado de "vão livre". Decorrendo algum tempo, após a elaboração dos trabalhos de segurança relativamente ao desmonte do maciço, seguem-se os trabalhos de remoção. O esquema abaixo apresenta figuradamente todas as etapas a serem efetuadas durante os trabalhos subterrâneos, onde se representa sequencialmente um ciclo a ser realizado. O processo inicia-se pela perfuração com jumbos, carregamento, disparo das cargas explosivas, ventilação e rega da frente de disparo, realização de um saneamento mecânico e/ ou manual, podendo seguir-se em função da qualidade da rocha, os trabalhos de suporte e/ou sustentação, depois a remoção do material extraído com recurso de uma LHD "Load-Haul-Dump". Caso a qualidade da rocha a isso obrigue, poder-se-ão seguir os trabalhos de suporte e/ou sustentação (caso obviamente já não tenham sido executados antes da remoção), depois são realizados trabalhos de topografia para realizar levantamentos que serão usados para gerir e inspecionar o desenvolvimento da mina e calcular volumes de estéril e material pegmatítico (Figura abaixo).

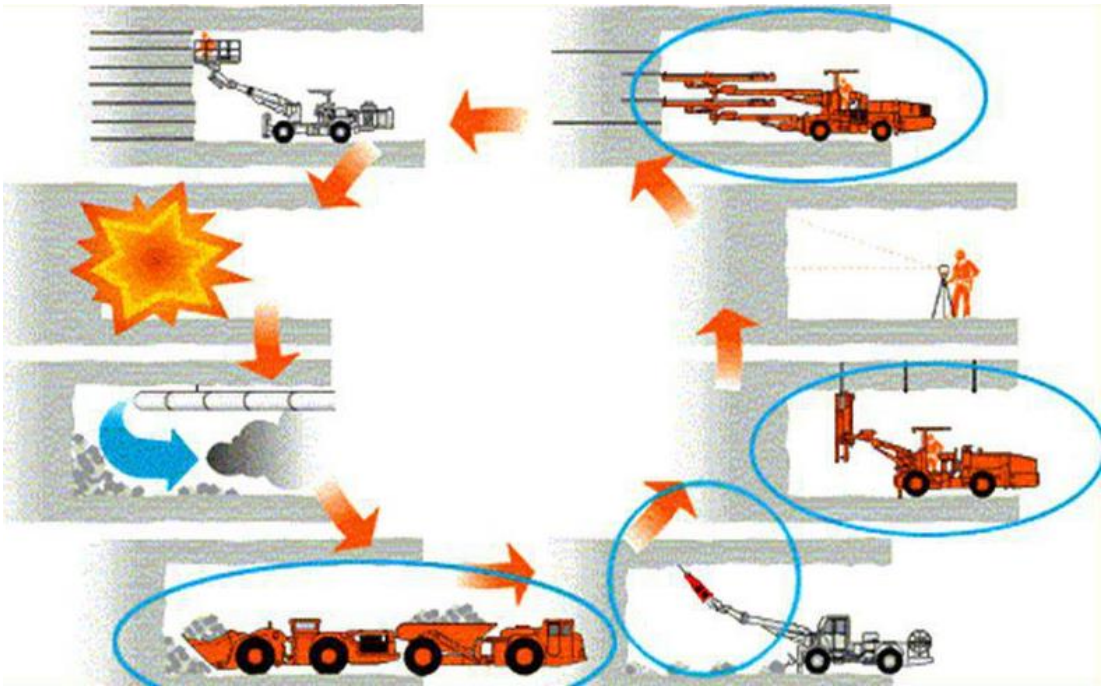


Figura 151 - Sequenciamento de uma frente de trabalho

No que concerne ao poço propriamente dito, a sua escavação será efetuada com recurso ao método denominado de "raise boring". Este processo fará uso da máquina EPIROC Robbins 91/123, (Figura seguinte) e consiste inicialmente na abertura de um furo vertical piloto de cima para baixo e seu alargamento. Após a execução do furo piloto até ao teto da rampa inferior, será acopladaa coroa de alargamento à coluna de varas, iniciando-se em progresso ascendente à escavação do poço ou chaminé.

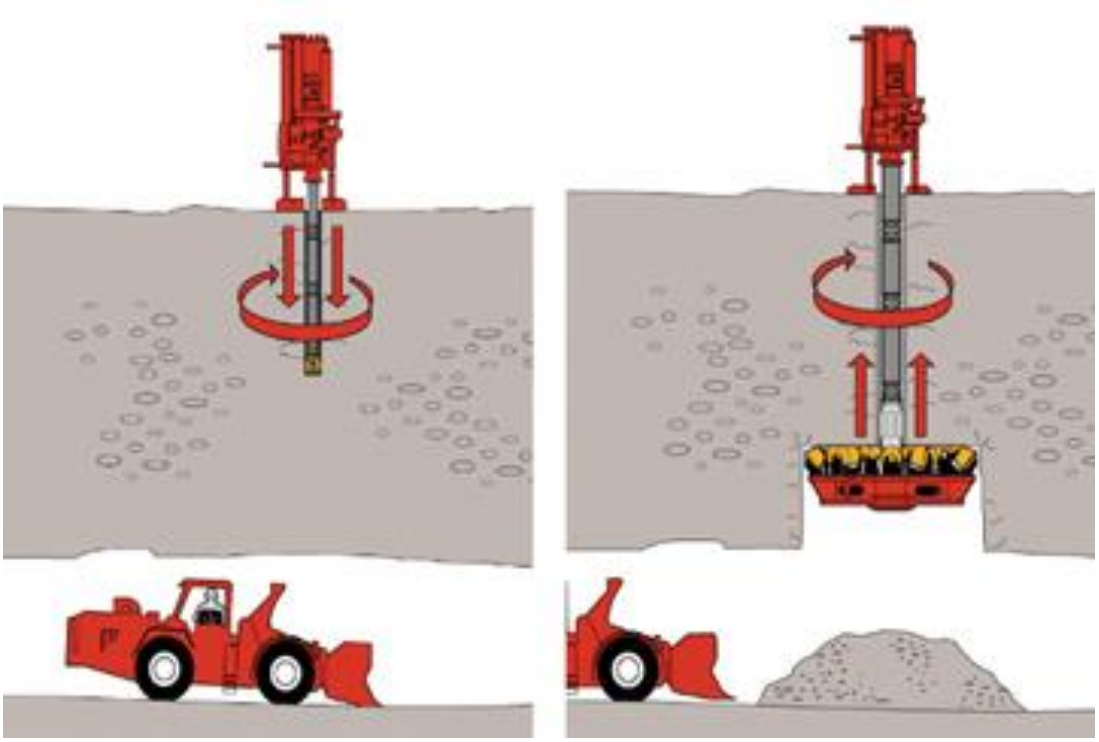


Figura 152 - Ilustração explicativa do método de "Raise-boring" para a abertura de poços

Com vista à redução de material estéril e de aproveitamento dos rejeitados do Complexo de Anexos Mineiros, está prevista a utilização destes materiais para enchimento dos desmontes mineiros, incluindo também e, galerias longitudinais ou transversais, totalmente abandonadas. O material estéril terá de ser preparado com determinadas percentagens de sólidos e água, bem como com a quantidade de cimento requerida para a tipologia de Enchimento/backfill a implementar. Existe a possibilidade deste enchimento se efetuar através de chaminés abertas por Raise-Boring, para os desmontes.

No que concerne à ventilação, durante a fase inicial de desenvolvimento e de escavação da Rampa Principal de Acesso MAR, a ventilação terá de ser forçada usando Ventiladores Secundários. O mesmo sistema aplicar-se-á nas fases seguintes de desenvolvimento. Para integrar o Sistema de Ventilação Primário estão previstas a muro do Jazigo duas Chaminés de Ventilação com diâmetro de cerca de 3,5 m. A Chaminé de Ventilação Oeste (*Western Vent*

Shaft – WVS) atingirá os desmontes inferiores à cota +460,00 m, a Chaminé De Ventilação Este (*Eastern Vent Shaft* – EVS) atingirá a cota +670,00 m para assegurar a ventilação de todos os níveis da Zona Este do Jazigo (Figura seguinte).

Para a escavação das Chaminés será utilizado o Método de "Raise Boring". Estes trabalhos só poderão ser desenvolvidos numa fase intermédia do desenvolvimento da mina. O Circuito Primário de Ventilação da Mina comportará as duas Chaminés (WVS e EVS), a Rampa Principal de Acesso (MAR) e o Poço Principal de Acesso (MAS). Em princípio e muito provavelmente, os Ventiladores Principais serão aspirantes e serão de considerar Portas de Ventilação para compartimentar e controlar o circuito de ventilação.

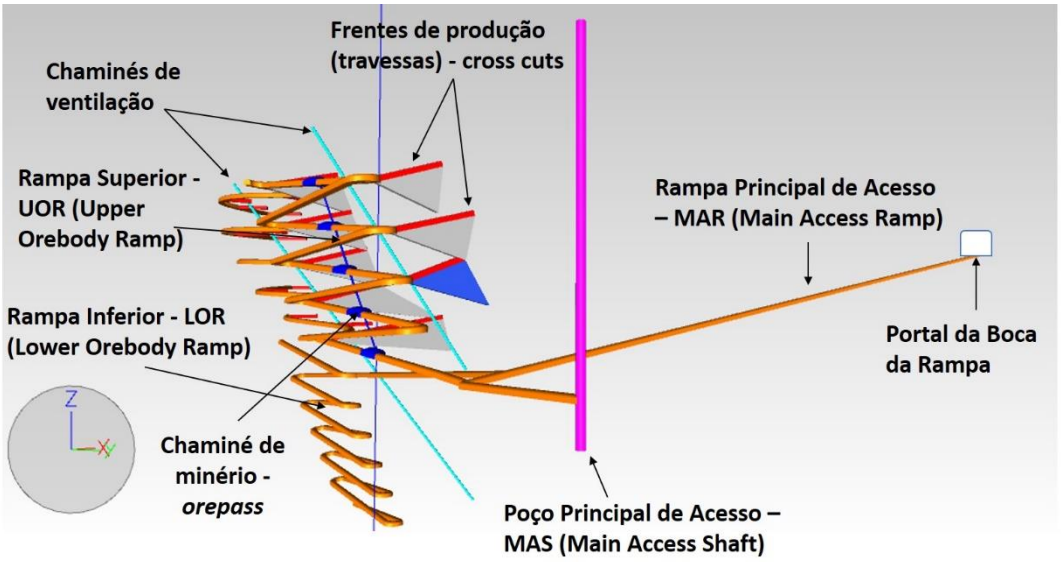


Figura 153 - Esquema figurativo da extração na exploração em subterrâneo. UOR – Upper Orebody Ramp, LOR – Lower Orebody Ramp.

3.2.5. Equipamentos de desmonte de produção

Para a abertura dos furos necessários às quatro frentes de trabalho serão utilizados oito perfuradoras (Jumbos) e ainda uma plataforma para executar o método de "raise-boring".

Quadro 44 - Máquinas a usar no desmonte das frentes de trabalho nas galerias subterrâneas

Máquinas	Modelo	Quantidade	Funções/Local
Perfuradoras (Jumbo de avanço -drift)	Epiroc - Jumbo Boomer M2C	4	Perfuração das frentes de avanço (cross-cuts) -drift
Perfuradora de bancada	Epiroc - Jumbo Boomer M6C	2	Perfuração das bancadas entre diferentes cotas das cross-cuts
Perfuradora de sustimento	Epiroc - Jumbo Boomer Boltec M	2	Perfuração e aplicação de sustimento (rede malha-sol, betão, pregagem)
Elevador de perfuração	Epiroc - Robbins 91/123	1	Execução de poços

Relativamente às máquinas da Epiroc mencionadas, estão disponíveis máquinas com translação/deslocação a diesel ou bateria e perfuração elétrica (sem bateria (quadro elétrico, tomada)), sendo que a segunda opção será sempre a idealmente requerida por parte da Lusorecursos, de modo a liderar uma mudança em direção à sustentabilidade na extração de matérias-primas através de equipamentos elétricos a bateria, com emissão zero. O resultado é um ambiente de trabalho subterrâneo mais seguro e saudável. Isto contribui para um futuro sustentável e para uma menor pegada ambiental.

3.2.5.1. Epiroc Jumbo Boomer M2C battery

Para a abertura das rampas e demais desenvolvimentos da mina subterrânea, os trabalhos iniciam-se com quatro (4) máquinas Jumbo Boomer M2C battery, que perfurarão o maciço rochoso com duas brocas a trabalhar em simultâneo em cada máquina, sendo que as

cavidades abertas serão preenchidas com explosivos para desagregação/desmonte de rocha (Figura seguinte). Referente às características desta máquina, é equipada com um motor 115 kW segundo a ISO 14396 e certificada segundo as normas europeias como Stage V. Possui 2 baterias Tudor 625 13-1.12V 125Ah.

Para a sua produção, as fabricas da Epiroc que produzem os diversos equipamentos de perfuração subterrânea para a divisão de equipamentos de perfuração subterrânea são certificadas de acordo com o padrão ambiental internacional ISO 14001. Em laboração, o Jumbo emitirá de vibrações 0,07 ± 0,07 m/s^2 se for de cabine fechada (*cabin*) e 0,10 ± 0,15 m/s^2 no caso de ser apenas uma cobertura (*canopy*), segundo as normas EN 16228-1, EN 16228-2 e relativamente ao ruído este equipamento emitirá na cabine fechada (*cabin*) 75 ± 3 dB e se esta for apenas uma cobertura (canopy), emitirá cerca de 103±6 dB. Na parte exterior, 123 ± 3 dB será o ruído emitido pelo Jumbo. Em termos de ruído, foram reportados os valores anteriormente mencionados em concordância com normas das vibrações, ou seja, as normas EN 16228-1, EN 16228-2.

Figura 154 - Jumbo M2C com dois braços para perfuração das frentes de avanço

3.2.5.2. Epiroc Jumbo Boomer M6C battery

O Jumbo Boomer M6C, também designado como robusto Simba M6 é um equipamento de perfuração longa para produção em galerias de tamanho médio e grande, com furos entre 51 e 178 mm de diâmetro.

Esta máquina pode operar com uma vasta gama de bits, perfuratrizes e martelos ITH que se adaptam às suas necessidades específicas. O operador tem uma excelente visibilidade e maior segurança na cabine confortável. O sistema tele-remoto de controlo permite operar uma ou mais máquinas a partir de um local seguro e confortável. O Simba M6 pode continuar a perfurar durante os intervalos e trocas de turno.

Figura 155 - Jumbo Boomer Boltec M6C battery para aplicação do método de (LHOS) na mina subterrânea

3.2.5.3. Epiroc Jumbo Boomer Boltec M

A máquina Jumbo Boomer Boltec M, nas quais estão indicadas (2) máquinas, que servirão o propósito de trabalhos de sustentação na mina subterrânea. A Boomer Boltec M têm uma valência de aparafusamento totalmente mecanizado e otimizado para perfis de galerias de tamanho médio de 4 m x 4 m até uma altura máxima de alcance da lança de 9 m (ver figura abaixo). Esta máquina, é constituído por um motor de 115 kW segundo a ISO 14396 e certificada segundo as normas europeias como Stage IV, estando equipada como no caso do jumbo M2C com 2 baterias Tudor 625 13-1.12V 125 Ah. O Jumbo Boltec M é capaz de lidar com a maioria dos tipos de parafusos entre 1,5 e 3,5 m, incluindo parafusos de fricção, ancorados mecanicamente e ainda "rebar rockbolts".

O Jumbo em causa, emitirá de vibrações 0,07 ± 0,07 m/s^2 se for de cabine fechada (*cabin*) e 0,15 ± 0,15 m/s^2 no caso de ser apenas uma cobertura (*canopy*), segundo as normas EN 16228-1, EN 16228-2 e relativamente ao ruído este equipamento emitirá na cabine fechada (*cabin*) 75

± 3 dB e se esta for apenas uma cobertura (*canopy*), emitirá cerca de 98 ±6 dB. Na parte exterior, 118 ± 3 dB será o ruído emitido pelo Jumbo, segundo as normas já mencionadas.

Figura 156 - Jumbo Boomer Boltec M para trabalhos de sustentação na mina subterrânea

3.2.5.4. Epiroc Robbins 91/123

A plataforma EPIROC Robbins 91/123 tem uma enorme força de tração, um sistema hidráulico que permite um enorme torque para trabalhar em altas velocidades de rotação, permitindo um trabalho mais eficiente, poupando nos custos globais de energia e manutenção (Figura seguinte).

Figura 157 - Plataforma EPIROC Robbins 91/123

A plataforma da EPIROC Robbins 91/123, é um potente elevador de perfuração com sistemas modulares, permitindo a abertura de poços com diâmetros entre 2,4 a 6,0 metros. A máquina pode ser dividida em componentes menores e mais transportáveis de modo a facilitar, visto que esta terá de ser levada via túnel de acesso subterrâneo até ao local onde se pretenda a execução do poço. Após a montagem de todos os equipamentos, a máquina trabalhará em nível ascendente provocando o desgaste da rocha.

Como referido anteriormente, e devido à complexidade elevada deste projeto de engenharia, utilizar-se-á um software da Caterpillar denominado de "CAT Minestar Command", que permitirá o controlo dos processos de modo a garantir segurança, eficiência e produtividade dos mesmos. Este software reúne as tecnologias necessárias para uma operação totalmente integrada de sistemas de mineração autónomos, semiautónomos e controlados remotamente. O "CAT Minestar Command" trabalha de forma eficiente em torno de todas as atividades (em superfície e subterrâneo), equipamentos e equipas de trabalho da mina, aprimorando a segurança e otimização da produtividade. Relativamente à mineração subterrânea advém vários desafios, desde a navegação em ambientes confinados, rigorosos e escuros. O "software" permitirá aos operadores manobrar em segurança e obter uma maior produtividade e eficiência.

3.2.6. Ciclo de Produção

3.2.6.1. Transporte do minério

Prevê-se a instalação de telas transportadoras para remoção do estéril de escavação do desenvolvimento da mina bem como para extração do minério ROM. O transporte com camiões/*Dumpers* pela Rampa Principal de Acesso (MAR) é também uma opção/alternativa que obrigará a ventilação mais exigente. Nesta fase de EIA é considerada a remoção com tela transportadora através da Rampa Principal de Acesso (MAR) bem como através do Poço Principal (MAS).

Na fase inicial de desenvolvimento da mina (e escavação da MAR) não haverá disponibilidade da tela transportadora. A remoção será então com camiões/*dumpers* via MAR. Nas fases posteriores, durante o desenvolvimento inicial da UOR e LOR, a tela transportadora da MAR e a Britagem Primária, ainda não serão uma realidade pelo que a remoção continuará com recurso a camiões e *dumpers* (Figura seguinte). Só após findados estes trabalhos, o transporte de minério poderá ser efetuado com a tela transportadora.

Na fase final de desenvolvimento da mina está prevista a instalação de uma tela na LOR para remoção/extração do minério para a MAR.

Para a Zona Superior da mina estão previstas chaminés (*orepass*) para remoção do minério por gravidade, chaminés essas para onde descarregarão, nos diferentes níveis/pisos de produção, os *dumpers* ou pás LHD (*Load-Haul-Dump*). As chaminés terão um diâmetro cerca de 2,0 m e se possível sem sustimento (eventualmente com um revestimento BP adequado para evitar o desgaste da parede por erosão do escoamento do minério).

As chaminés só poderão ser escavadas depois da UOR estar terminada. Haverá então uma fase durante a qual a produção já se terá iniciado e a remoção/extração pelas chaminés e com tela secundária na LOR não será possível. Durante esse período serão utilizados camiões/*Dumpers*.

As chaminés da Zona Superior serão abertas entre os níveis +870,00 m e +680,00 m. Após o total desenvolvimento da mina, a rolagem horizontal (remoção horizontal) dos desmontes para a chaminé será efetuada com pás mineiras elétricas LHD. Na superfície, perto do Portal da MAR, será instalada uma Central de Britagem e um Classificador Óptico de modo a reduzir o volume de estéril a transportar para a Zona de Complexos de Anexos Mineiros. O material classificado como minério a ser concentrado e transformado hidrometalurgicamente em hidróxido de lítio seguirá para norte por correia transportadora. Por outro lado, o material

estéril seguirá para sul, também por correia transportadora para a área de deposição de material estéril temporária.

O transporte do "Rockfill" da superfície para a mina está previsto ser efetuado através do Poço Principal de Acesso (MAS). O transporte da base do MAS para os desmontes será feito com camiões/ *dumpers* mineiros. O transporte de *tailings* (rejeitados de Lavaria) do Complexo de Anexos Mineiros para a vizinhança do MAS será por tela transportadora, onde esses "tailings" terão que ser reencaminhados para a Central de Backfill.

Na Central de Backfill serão instalados os diversos componente para a produção de uma Pasta (*Past Fill*) bombeável em tubaria instalada. Em fase de Projeto será necessário definir com maior detalhe o Método de Enchimento/*Backfill* bem com as unidades industriais necessárias para a sua produção e transporte.

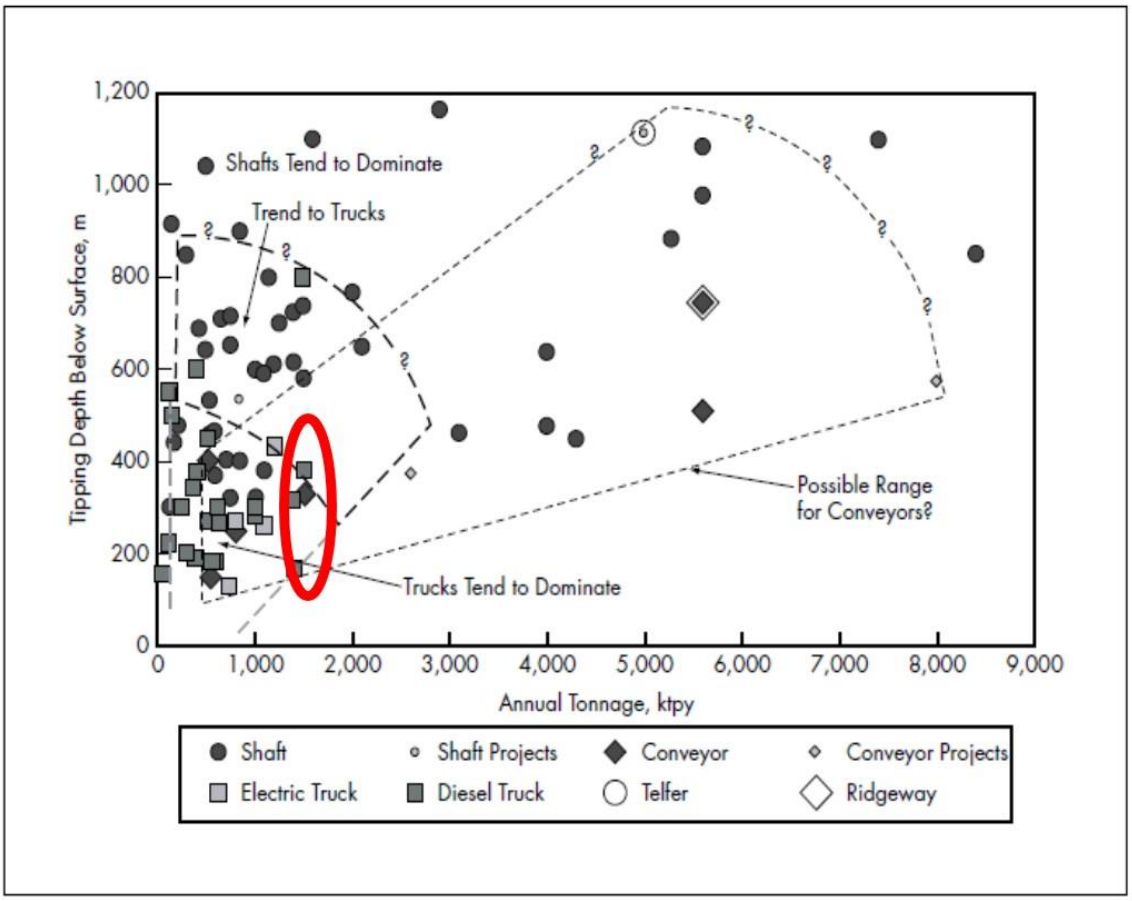


Figura 158 - Capacidade dos sistemas estabelecidos de transporte em minas subterrâneas. O círculo vermelho indica as possibilidades que serão encontradas no caso específico

Para a mobilização dos materiais extraídos resultantes da desagregação rochosa das metodologias em curso descritas, serão utilizados o *Caterpillar R1700 XE electric drive* e dois

dumpers Caterpillar AD60. O *Caterpillar R1700 XE electric drive* servirá para a mobilização do material extraído e para carregamento dos dumpers, enquanto que a função da Caterpillar AD60 será única e exclusivamente de transporte do material para o local apropriado.

Resultante da exploração em subterrâneo, onde 14 307 000 ton (5 398 868 m^3) de rocha pegmatítica será extraída, assumindo um volume empolado de 45% teremos cerca de 7 828 359 m^3 de minério extraído. As pás carregadoras CAT R1700 XE terão de efetuar um total de 1 087 272 ciclos distribuídos por 4 pás para carga de rocha pegmatítica para os dumpers, onde cada pá carregadora exercerá. Posto isto, resulta num total de 271 818 ciclos para cada pá carregadora CAT R1700 XE. No que concerne aos dumpers, no total serão realizados 323 353 ciclos de carga distribuídos por oito (8) *dumpers*, ou seja, 40 420 ciclos a efetuar por cada dumper CAT AD60. Realça-se que para carregar cada dumper a pá carregadora CAT R1700 XE terá de efetuar pelo menos cinco (5) ciclos de carga da sua pá para um dumper CAT AD60.

3.2.6.2. Enchimento/Backfill

Com base nos pressupostos detalhados anteriormente, relativamente aos métodos aplicáveis para desmonte do minério explana-se em seguida a abordagem de 3 métodos de Backfill/enchimento, utilizados frequentemente na Indústria Mineira Subterrânea:

1)Enchimento com material grosseiro – "*Rock Fill" (RF);*

2) Rock Fill cimentado ("CRF");

3) Enchimento com Pasta cimentada – "*Paste Fill" (CPF).*

A decisão por um (ou mais) destes métodos de "backfill" depende do(s) método(s) de desmonte a serem utilizados na mina, parâmetros tecnológicos, geotécnicos, métodos de transporte e obviamente depende também de parâmetros económicos, OPEX e CAPEX, "Break Even Point", "Pay-Back", "Turn Over".

Tendo em atenção os elevados custos de qualquer solução julgada adequada, a questão do "backfill"/Enchimento de uma mina obriga à execução, após estudo comparativo, de um Projeto de Detalhe que analisará todos esses parâmetros determinantes e condicionantes, acima enunciados, e que definirá e dimensionará a futura Instalação Industrial de "backfill", integrando o Plano de Lavra.

Relativamente à adição de cimento (agente ligante) no "backfill", esta depende também do Método de Desmonte a aplicar. A exposição de uma face ou duas/hasteais/"sidewalls" estáveis

de “backfill”, a RCU exigida normalmente obriga à adição de um ligante/cimento. Para se poder fornecer maiores informações, amostras em quantidades representativas de estéril (micaxisto) e rejeitados de lavaria teriam de ser exaustivamente testadas para averiguar os parâmetros reológicos e geomecânicos para simular o comportamento do enchimento “in situ”.

O cimento será um dos principais aglutinantes a integrar na polpa, independentemente do método de backfill a implementar na operação. As proporções na polpa serão melhor desenvolvidas durante o projeto de execução, com testes laboratoriais a comprovar os parâmetros, reológicos, pozolânicos, resistência à compressão, entre outros. Em caso, de consumo de betão (muito provavelmente será necessário), este será transportado e entregue à proponente na sua forma final, entregue diretamente em Obra.

A composição da constituição especifica da pasta a utilizar no enchimento das galerias, será do âmbito de projeto de execução, com a formulação e demais testes aos materiais constituintes do respetivo backfill. Em fase de estudo prévio, determina-se e validam-se quais as técnicas de enchimento que em consonância com as metodologias de desmonte empregues, possam articular a produção contínua, de forma a atingir os objetivos de produção pretendidos. A descrição da unidade de “Backfill” será efetuada em sede de Projeto de Execução por Empresa Internacional da especialidade, no entanto a referida unidade será do tipo das atualmente existentes em diversas minas e de acordo com as descrições contidas em moderna literatura dessa valência.

3.2.6.2.1. Rock Fill

O enchimento de rocha (“RF”) é o processo de utilização de rocha bruta, normalmente resultante do desenvolvimento de traçagem e de desmontes, em um desmonte terminado. Neste processo de “backfill”, nenhum aglutinante é adicionado, então a estabilidade da escavação é controlada pela granulometria RF e grau de compactação.

Como este método é essencialmente centrado no enchimento com estéril sem qualquer adição de nenhum outro componente, geralmente representa a opção de menor custo para enchimento dos desmontes terminados.

No entanto apresenta algumas limitações, como o enchimento de rocha não contém nenhum aglutinante, o enchimento depende do confinamento para garantir a estabilidade do enchimento.

O enchimento com rocha (RF) é utilizado geralmente pelas seguintes razões:

- Para minimizar o desperdício de recursos no caminho de transporte associado ao desenvolvimento de estéril no subterrâneo;
- Auxiliar na gestão da convergência do teto (“hangwall”) para o muro (“footwall”);
- Ajudar a prevenir ou reduzir a rotura progressiva dos desmontes terminados, que pode levar a subsidências;
- Quando uma plataforma de trabalho é necessária para efetuar o método de produção ascendente.

O objetivo principal do backfill na Mina do “Romano” será em conjunto com o método mineiro de utilizar nos desmontes, estéreis que, de outra forma, seriam armazenados na superfície, numa escombreira.

Idealmente, o estéril é proveniente dos trabalhos de desenvolvimento subterrâneo. Alternativamente, os estéreis resultantes da superfície (da mina a céu aberto) podem ser transportados para a mina subterrânea. Um exemplo da utilização do “Rock Fill” é apresentado na Figura seguinte.

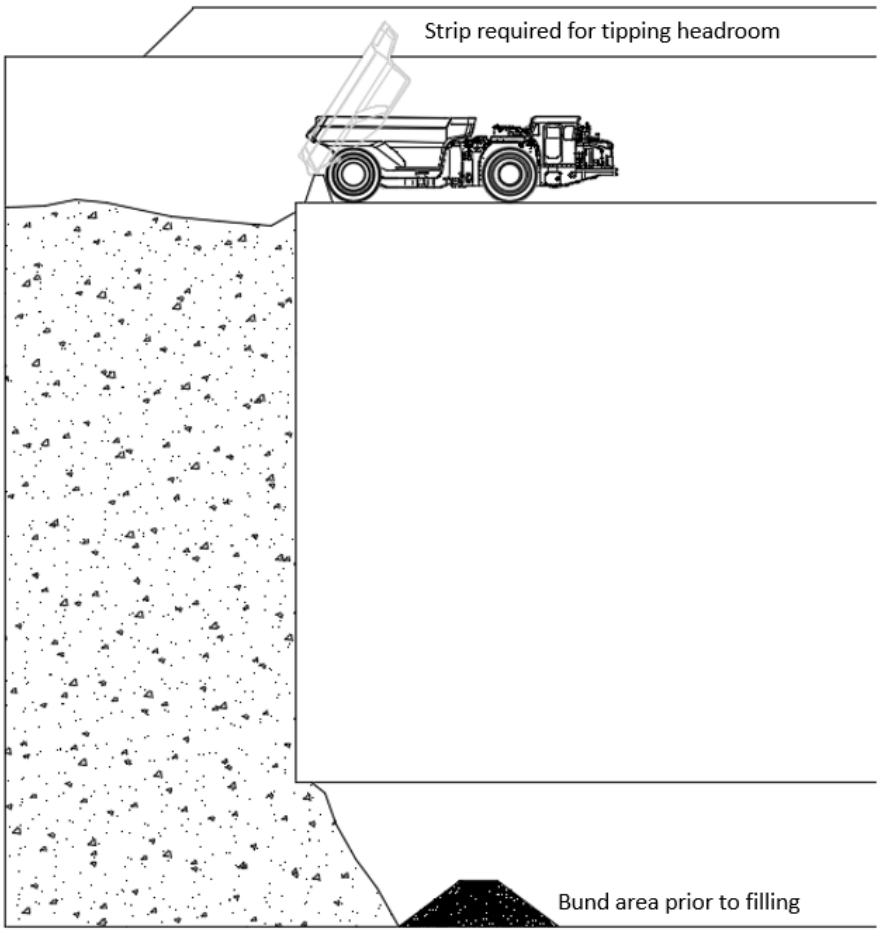


Figura 159 - Enchimento de rocha estéril (seção transversal, esboço)

3.2.6.2.2. Rock Fill cimentado (CRF)

O CRF é produzido pela combinação de estéril com uma pasta de cimento. A pasta de cimento é importada da superfície por um camião agitador e misturada à rocha estéril numa LHD. O CRF é então transportado por LHD ou dumper e aplicado nos desmontes.

Diversas variações do sistema são possíveis com uma Central de dosagem na superfície ou subterrânea, transporte da pasta de cimento por camião agitador ou "slickline", e incorporando a mistura numa LHD, barra de pulverização diretamente no camião que transporta estéril de rocha ou uma Central subterrânea de CRF, construída para esse fim na mina subterrânea.

Quanto à sua aplicação, o CRF é geralmente colocado em desmontes terminados e utilizado quando o enchimento com rocha RF não é apropriado. Em síntese, o CRF é utilizado quando:

- quando o “backfill” será exposto verticalmente;
- quando um pilar de soleira é necessário e será minerado abaixo do “backfill”;
- quando a aplicação de enchimento de rocha RF comprometeria a mineração adjacente e onde os fatores económicos refletem que os pilares não devem ser deixados para trás;
- para minimizar o desperdício associado ao desenvolvimento de estéril proveniente da mina subterrânea;
- para armazenar estéril no ambiente subterrâneo, em vez do armazenamento na superfície;
- auxiliar na gestão da convergência do teto (hanghall) muro (foot-hall), com enchimento do “backfill” nos desmontes terminados;
- ajudar a prevenir ou reduzir a falha progressiva nos desmontes terminados, que pode levar a eventuais subsidências;
- quando uma plataforma de trabalho é necessária.

As experiências têm demostrado que, na prática, um mínimo de 4% de cimento (em peso) é necessário para revestir adequadamente as partículas durante a mistura para garantir a coesão adequada. Um projeto típico para o CRF tem entre 4% e 10% de aglutinante de cimento por peso, com aproximadamente 30% do material por peso a ser representado por finos.

Idealmente, o estéril é proveniente do desenvolvimento dos trabalhos subterrâneos. Alternativamente, o estéril da superfície (da mina a céu aberto) podem ser transportados para a mina subterrânea.

Na maioria dos casos, trituração ou peneiramento serão necessários para atingir a classificação exigida do material.

Na Figura seguinte apresenta-se um exemplo do enchimento de “backfill”, nomeadamente o CRF numa secção transversal.

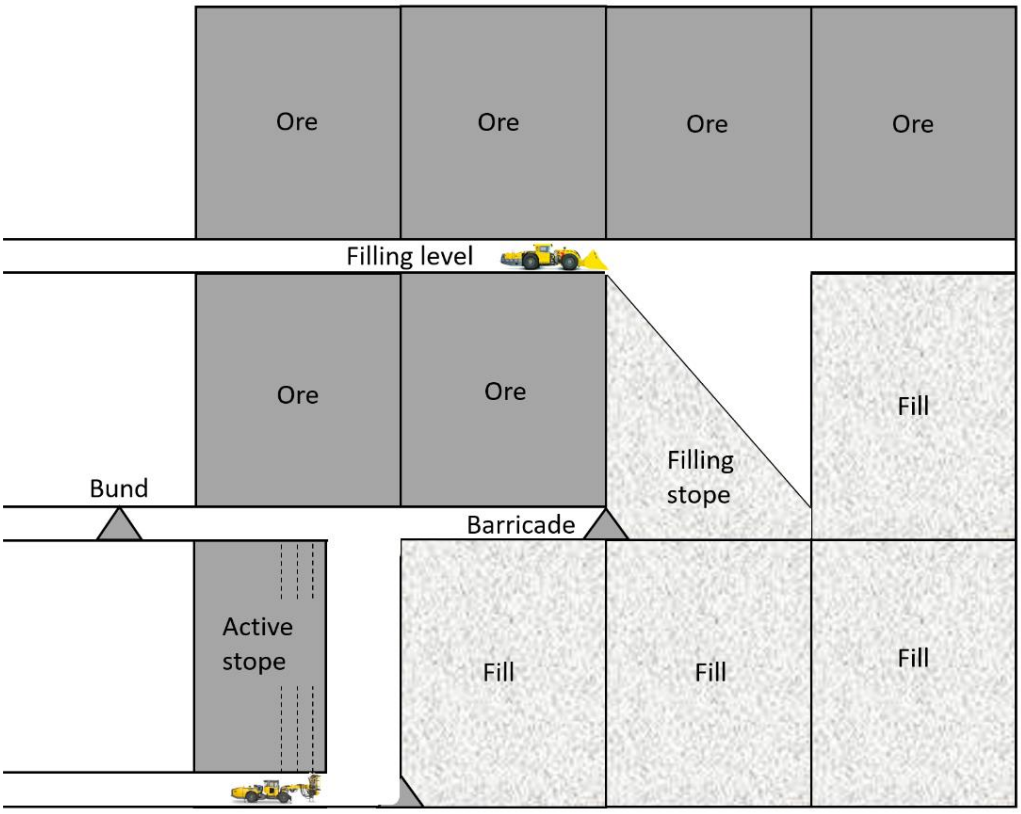


Figura 160 - Enchimento CRF (seção transversal, esboço)

3.2.6.2.3. Paste Fill

O método de enchimento com pasta depende do PSD dos rejeitados, teor de água e reologia. Uma revisão inicial do balanço de material sugere que não há rejeitados suficientes para considerar o enchimento total com pasta e, dadas as baixas taxas de produção de rejeitados, um processo descontínuo e seco é mais aplicável - permitindo que um "buffer" de rejeitados se desenvolva antes de operar a Central de Backfill.

O Backfill de Pasta Cimentada pode ser apropriado quando os minérios são processados em lavaria com produção de rejeitados. O enchimento com pasta geralmente compreende todo o fluxo de rejeitados.

O "Paste fill" é uma pasta de alta densidade com um conteúdo de sólidos na faixa de 70-80% m. O conteúdo do ligante varia de acordo com a qualidade das caldas, dimensionamento do transporte e exigência de resistência, mas normalmente está na faixa de 3% a 8% em massa.

O enchimento em pasta é sensível à qualidade das matérias-primas, portanto os testes são fundamentais para compreender o que constitui uma "receita" adequada para o enchimento.

O processo de enchimento (Figura seguinte) é realizado da seguinte forma:

- Barricadas/paredes tampão de pasta são erguidas em todas as aberturas da bancada para conter o enchimento. Em muitos casos, é utilizada uma barricada/paredes tampão projetado, mas em algumas operações continuam a ser utilizadas paredes construídas com blocos ou outros tipos de barricada;
- A rede de distribuição é instalada no desmonte. O tubo de enchimento temporário é conectado ao sistema de distribuição de "backfill" permanente, inclui furos de sondagem conectados à Central de "Backfill" na superfície;
- O "backfill" é misturado na Central e entregue no desmonte por meio da rede de distribuição. A prática normal é construir a parede tampão com recurso ao próprio "Paste Fill" (primeira escoada) com tempo de presa adequado para impedir a liquefação e evolução da carga hidrostática no desmonte e permitir a continuidade da operação de enchimento.;
- Uma vez que a resistência do "backfill" suficiente for validada pelos testes de QA/QC, o desmonte pode ser exposto e a produção/extração dá seguimento.

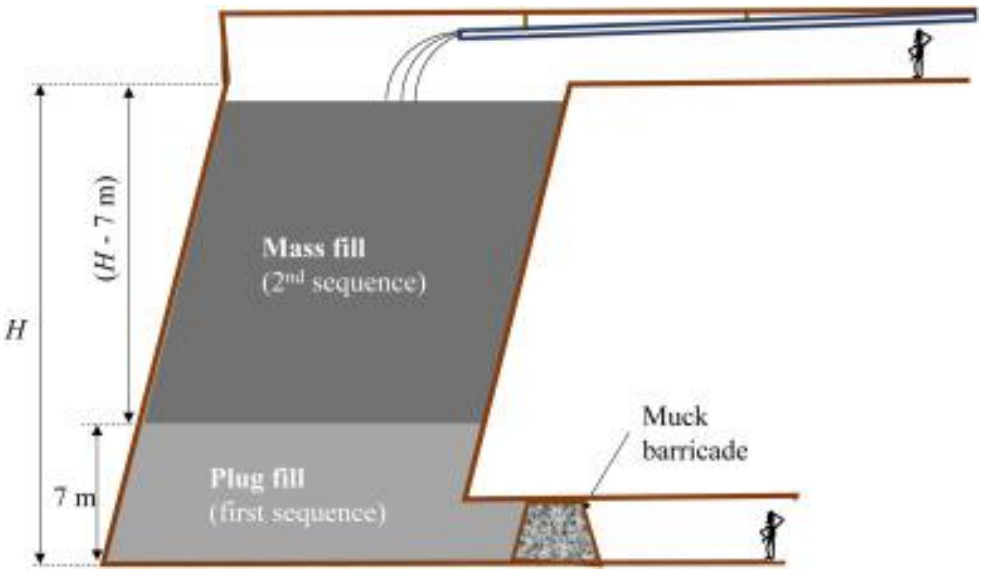


Figura 161 - Enchimento "Paste Fill" (Exemplo)

3.2.6.2.4. Métodos de “backfill” apresentados

As opções de enchimento foram comparadas assumindo os seguintes parâmetros:

- Taxa de produção da mina (ROM): 1 500 000 toneladas por ano de minério;
- Horas de trabalho na mina por ano: 8 712 horas por ano;
- Taxa de extração aproximada: 4 300 toneladas por dia (minério).

Assumindo uma taxa de extração de 4 300 toneladas por dia, a Figura seguinte, indica uma taxa de “backfill” de aproximadamente 65% da taxa de extração. Assumindo o CPF e 12 a 18 horas de enchimento ativo por dia, aproximadamente 230 toneladas por hora de enchimento devem ser aplicadas nos desmontes da mina subterrânea. No entanto, uma solução de CPB é limitada pelo volume de rejeitados disponível em uma base horária, e representa significativamente um valor menor do que o valor de referência da Figura.

Se uma abordagem primária/secundária for realizada usando CRF/RF, o fornecimento de material não seria o fator limitante. Em vez disso, a velocidade de enchimento é geralmente gerida pela capacidade da frota mineira para colocar o enchimento nas bancadas/desmontes. Essa taxa de enchimento do “backfill” seria mais próxima do valor de referência.

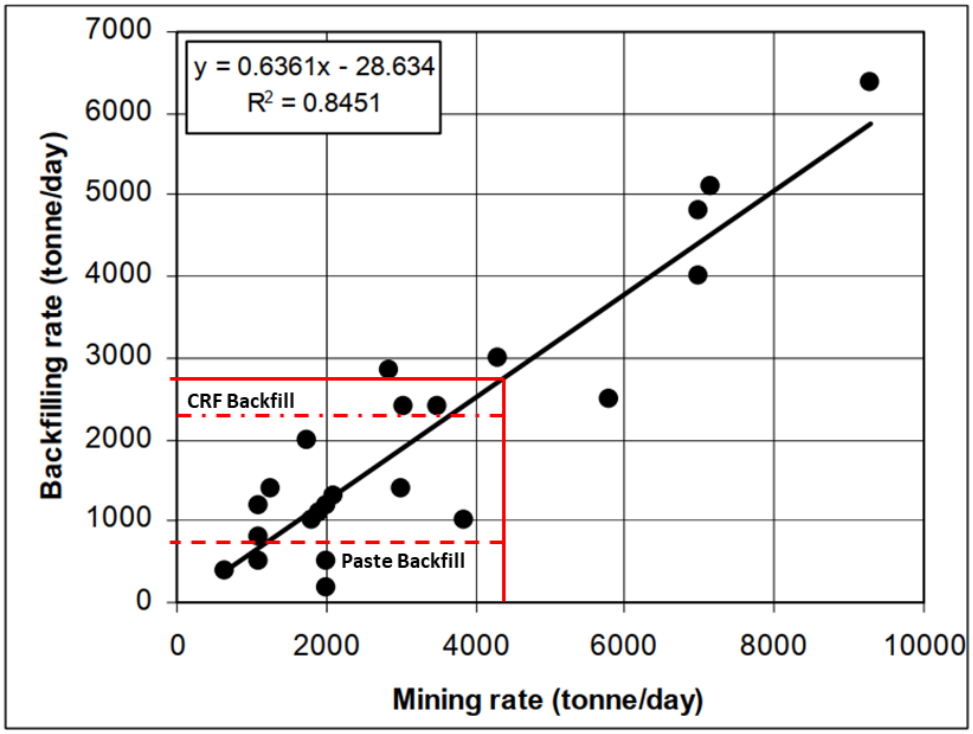


Figura 162 - Taxa de extração x taxa de “backfill” (o caso da “Mina do Romano” é sobreposto como linha vermelha)

Foram apresentadas três opções de enchimento para o Projeto “Romano”: RF (“Rock Fill”, CRF (“Cemented Rock Fill”) e CPF (“Cemented Paste Fill”). Cada método é potencialmente viável para a mina subterrânea do “Romano”, mas fatores como disponibilidade de rejeitados, disponibilidade e adequação do “backfill” e do material CRF influenciam na seleção do método de “backfill” a implementar.

RF (“Rock Fill”) tem potencial para ser a opção mais barata, mas depende de uma fonte de rocha estéril que possa ser colocada nos desmontes terminados.

O CRF (“Cemented Rock Fill”) é apropriado quando o “backfill” será exposto por futuras operações de mineração. O CRF pode ser projetado para exposição horizontal e vertical, possibilitando uma extração mais completa do minério.

A CPF (“Cemented Paste Fill”) oferece o potencial de dispor de todo (ou parte do) fluxo de rejeitados para o ambiente subterrâneo e pode produzir uma face/parede/hasteal de “backfill” estável que pode ser exposta verticalmente e ainda contígua a outras bancadas de exploração.

3.2.6.2.5. Conceito de Backfill na Mina

As indicações sugerem que uma opção de CRF (“Cemented Rock Fill”) é aceitável, embora a mina possa também utilizar todos os rejeitados remanescentes da lavaria para enchimento dos trabalhos subterrâneos. A mina também exige “Fibrecrete”/betão reforçado com fibras metálicas (ou plásticas) para fins de construção e suporte dos desmontes, embora os volumes e a frequência de produção sejam ainda desconhecidos nesta etapa. Dada a semelhança entre a produção de “Fibrecrete” e a pasta de CRF, a produção desses dois produtos pode ser realizada em uma instalação única. O benefício adicional de combinar a produção de pasta (“Paste Fill”) de CRF e betão reforçado é que uma Central de Backfill dedicada pode ser construída para produzir um enchimento de pasta conforme o material se torna disponível.

- Uma Central dedicada para enchimento de pasta;

e

- Uma Central para a produção de betão reforçado e pasta CRF.

O sistema de “backfill” ideal deve ser projetado com o máximo de flexibilidade e, dado foco ao seu caracter multiuso, onde a melhor localização será na superfície, adjacente ao minério.

3.2.6.2.5.1. Backfill design

Para os fins deste estudo, 3,4 Mm^3 de desmontes terminados requererão enchimento, dos quais:

- 2,6 Mm^3 (77%) serão colocados nas bancadas transversais;
- 0,8 Mm^3 (23%) serão colocados nas bancadas longitudinais.

Durante a vida útil da mina, os rejeitados provenientes da lavaria serão utilizados no Paste Fill. Embora não corresponda exatamente aos requisitos de "backfill" longitudinal, parece que uma abordagem de projeto geral pode ser seguida, em que o enchimento de pasta é colocado nas bancadas longitudinais e o CRF é usado na extração transversal das bancadas. Qualquer falha no enchimento de rejeitados nas áreas longitudinais pode ser colocado nas áreas transversais de extração.

3.2.6.2.5.2. Resistência Backfill (CRF)

O CRF ("Cemented Rock Fill") será colocado nos desmontes transversais, onde será aplicada uma sequência de bancada Primária-Secundária (Figura seguinte). Dependendo do layout final, as bancadas primárias serão expostas em três lados, enquanto que, as bancadas secundárias expostas em uma única face e quando não houver exposição vertical, o "backfill" de rocha não cimentada, ou seja, estéril em bruto pode ser colocado em bancadas terciárias.

Devido à variabilidade inerente ao CRF, uma abordagem de design conservadora é recomendada.

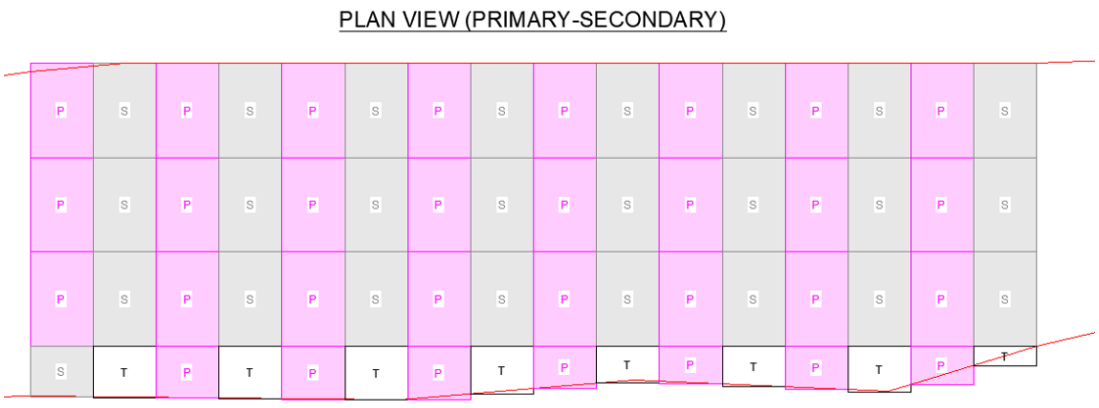


Figura 163 - Esquema da sequência primária-secundária de bancadas

3.2.6.2.5.3. Resistência Paste Fill

O enchimento com pasta será exposto em uma única exposição vertical, de cerca de 25 m de altura.

O exposto acima assume que as bancadas longitudinais são escavadas como bancadas simples com apenas uma exposição na face do teto (“Hanging Wall” (HW)) para muro (“Foot Wall”(FW)).

3.2.6.2.5.4. Outras considerações do Backfill design

O cronograma de extração é um fator crítico que influencia o consumo de ligantes. Por exemplo, um desmonte cheio não será exposta por 28 dias, exigirá menos aglutinante do que se o “backfill” fosse exposto, logo após sete dias. A otimização do cronograma de extração e as composição do “backfill” devem ser realizadas para se adequar ao sistema de produção prevista para a mina subterrânea.

Não foram realizados testes laboratoriais detalhados no que concerne aos rejeitados da lavaria e aos estéreis da extração a céu aberto, com vista à produção de enchimento para a mina subterrânea. Desta forma, em projeto de execução, uma caracterização, com vista à finalidade de utilização destes materiais para backfill deverá ser extensivamente estudado, de modo a validar a adequação dos mesmos aos propósitos de enchimento.

3.2.6.2.5.5. Planeamento do backfill

Serão necessários cerca de 3,8 milhões de m^3 de “backfill” ao longo da vida da mina, com um pico de produção durante o sexto ano de produção de minério. Nenhum aumento de produção foi considerado, dado o nível de estudo do momento.

Os fatores de enchimento para os respetivos métodos de backfill são: 85% para CRF e 90% para enchimento com pasta. Estes valores consideram o cronograma e utiliza os valores anuais de produção:

- 495 000 m^3/ano (792 000 toneladas) de CRF é aplicado no pico de produção;

e

- 200 000 m^3/ano (400 000 toneladas) de pasta são aplicados nas bancadas7 desmontes longitudinais no pico de produção.

Assim, de acordo com o número total de 8.712 horas de trabalho por ano e a experiência em diversos locais de operação mostra que a Central de Backfill sempre funcionará por menos horas do que a operação de extração. O "benchmarking" em outras operações mostrou que uma operação eficiente pode atingir, no máximo, 95% de disponibilidade e 75% de utilização, dando uma utilização efetiva de 71%. Consequentemente, a Central de Backfill deverá operar no máximo cerca de 6 200 horas por ano.

A Figura seguinte demostra que o cronograma de enchimento é relativamente grosseiro e conforme o pico de produção, os valores serão notavelmente maiores em certos anos.

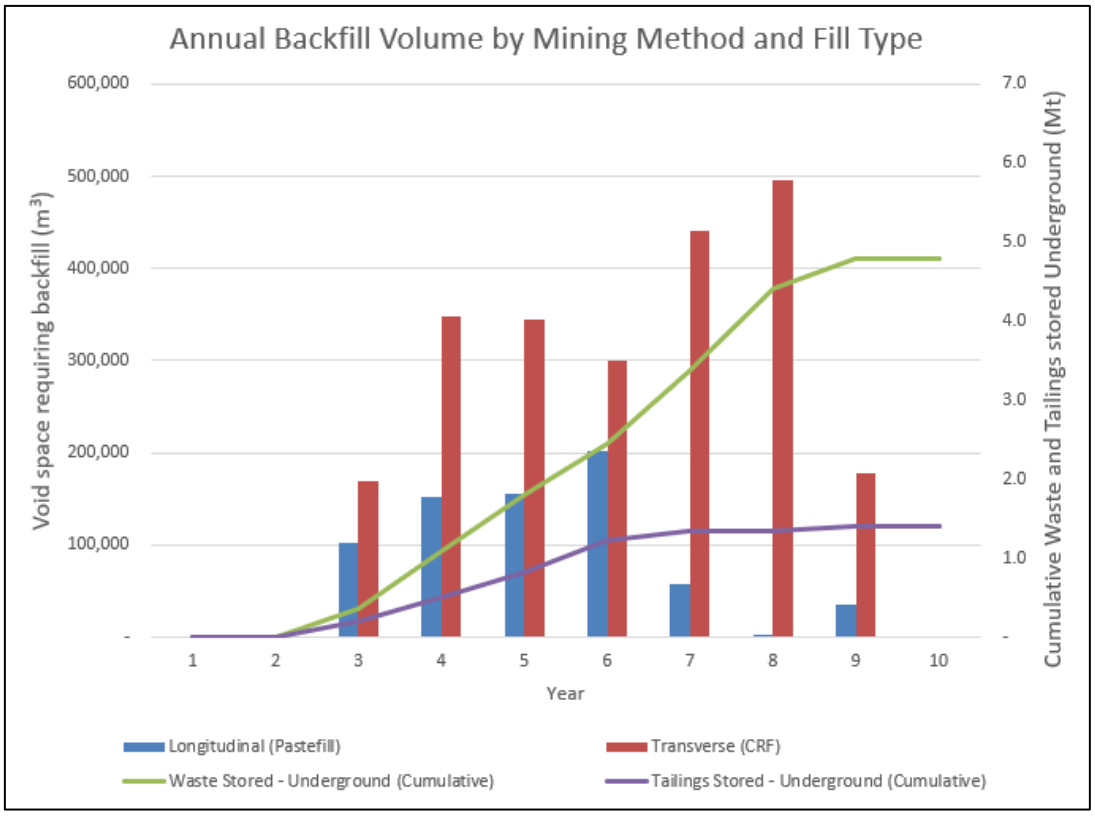


Figura 164 - Taxas de produção de "backfill"

O dimensionamento da Central de Backfill e a otimização do "backfill" devem ser realizados uma vez que os fluxos de rejeitados e as propriedades reológicas do "backfill" sejam extensamente analisados, compreendidos e estudados.

Assim, duas Centrais de Backfill serão necessárias para a "Mina Romano" - uma para a produção de "Paste fill" e outra para a produção de polpa para o CRF e betão reforçado.

3.2.6.2.5.6. Central de Backfill – Central de Paste Fill

Um exemplo de Central comercialmente disponível é apresentado na Figura seguinte. O núcleo da Central de Paste Fill é um misturador descontínuo que combina os rejeitados, aglutinante e água em "backfill".

Os rejeitados serão entregues no local da Central de Backfill utilizando um transportador coberto. Os rejeitados serão direcionados para o misturador.

O aglutinante será armazenado em silos, conforme mostrado na Figura seguinte. O volume correto de cimento é medido através de parafusos sem fim e depositado no misturador, onde rejeitados, aglutinante e água são combinados para formar uma pasta com a consistência correta.

O processo de mistura da pasta é realizado em lotes e, uma vez misturada, a pasta é controlada por um dispositivo numa torva. Para facilitar a mistura da pasta e manter uma altura razoável da Central, o projeto da Central de pasta deverá ser em diferentes níveis, com as matérias-primas no nível superior e a torva da pasta no nível inferior.

A Central de Paste Fill é uma instalação autónoma, porém os equipamentos como os silos de aglutinante podem ser utilizados em concomitância com a Central de betão reforçado para minimizar a duplicação de equipamentos. Além do equipamento mostrado na Figura abaixo, é composta por:

- Um depósito coberto para os rejeitados filtrados;
- Rampas para acessar os funis de alimentação;
- Uma sala de controlo, armazenamento e laboratório de QA/QC;
- Uma subestação de controlo de máquinas
- Reservatórios e drenagem;
    - Instalações de bem-estar;
- Estradas de acesso;
- Transportadores e alimentadores conforme necessário.

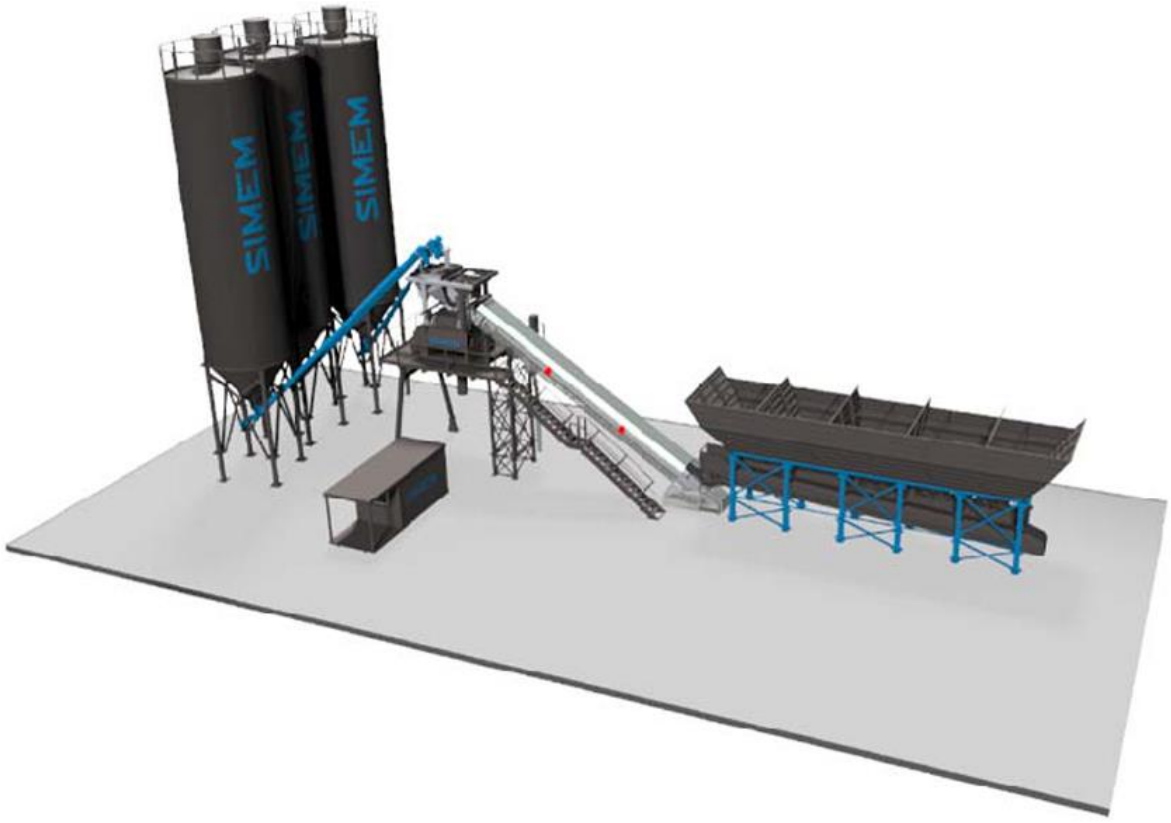


Figura 165 - Exemplo de uma central de Paste Fill

3.2.6.2.5.7. Central de Backfill –Central de betão reforçado/Pasta CRF

A Central de betão reforçado/ Pasta de CRF, poderá ter um projeto semelhante ao da Central de Paste Fill, mas a pasta deverá ser pulverizada na parte traseira de um dumper carregado com rocha estéril para a produção de CRF. Um exemplo da aplicação de "backfill" resulta na pulverização de pasta no material estéril e é representado na Figura seguinte.

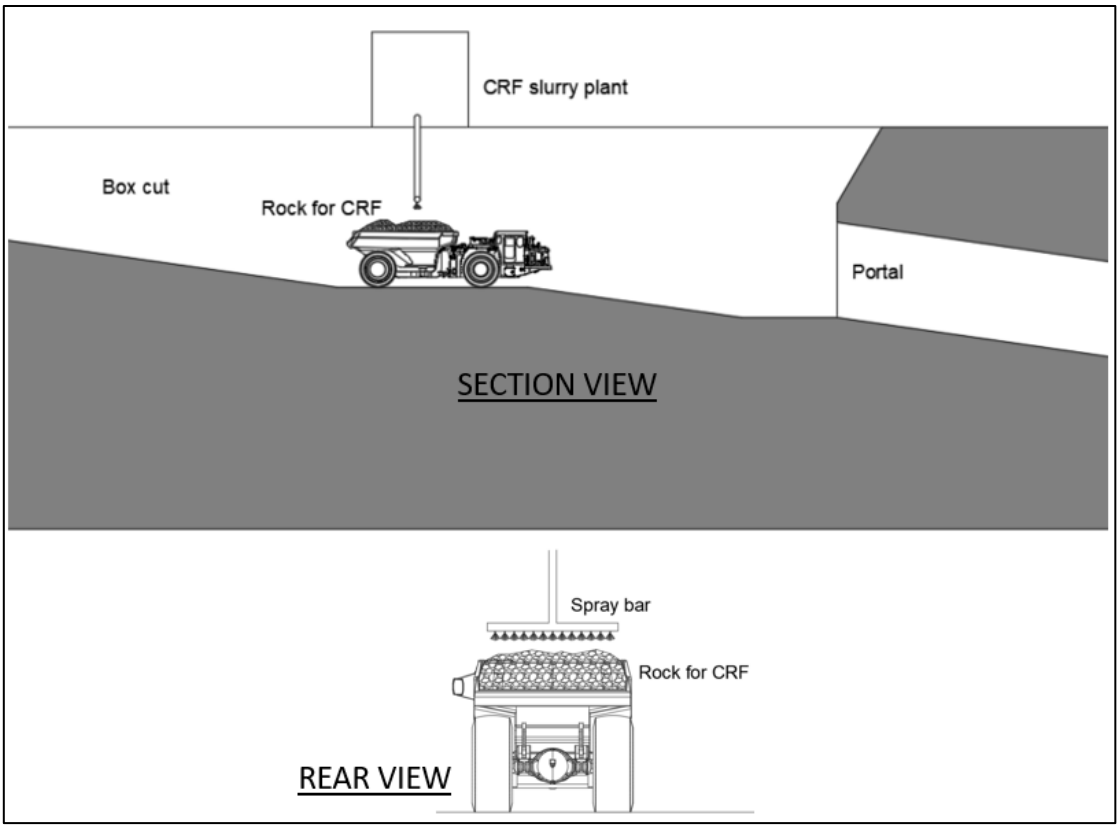


Figura 166 - Esboços ilustrativos da aplicação de pasta no CRF

3.2.6.2.5.8. Sistema de distribuição de pasta e enchimento

O enchimento da pasta será aplicado nas bancadas/desmontes longitudinais que são mostrados como bancadas verdes na Figura seguinte. Em termos gerais, as bancadas/desmontes longitudinais da mina proporcionam o enchimento por gravidade. Contudo, poderá ser necessário, embora a proximidades ao jazigo, o bombeamento para enchimento de desmontes mais afastados.

Um exemplo de enchimento das bancadas/desmontes é ilustrado na Figura seguinte.

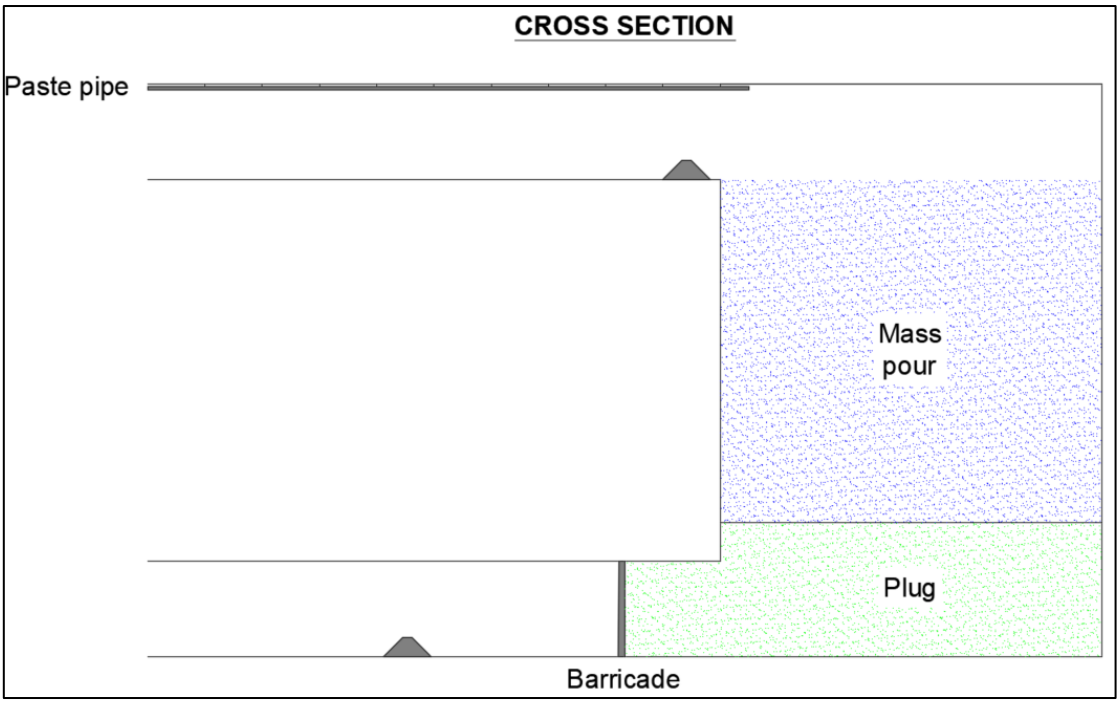


Figura 167 - Abordagem Típica de PasteFill. Uma quantidade de "backfill" é derramado e curado para isolar a barreira do excesso de resistência necessária. Depois de curado até o limite de liquefação, o restante derramamento em massa é colocado para preencher o vazio

3.2.6.2.5.9. Localização da Central de Backfill

A Figura seguinte apresenta uma vista oblíqua da mina, assim como os blocos de extração que representam as bancadas/desmontes transversais e as bancadas/desmontes longitudinais. Para uma colocação do "backfill" eficazmente, a Central de Backfill deve ser adjacente ao minério para que a polpa CRF percorra a menor deslocação. Além disso, a rocha estéril do céu aberto, tal como previsto, deve estar localizada nas proximidades da mina para minimizar o caminho de transporte dos dumpers que farão o "backload" de CRF para a mina.

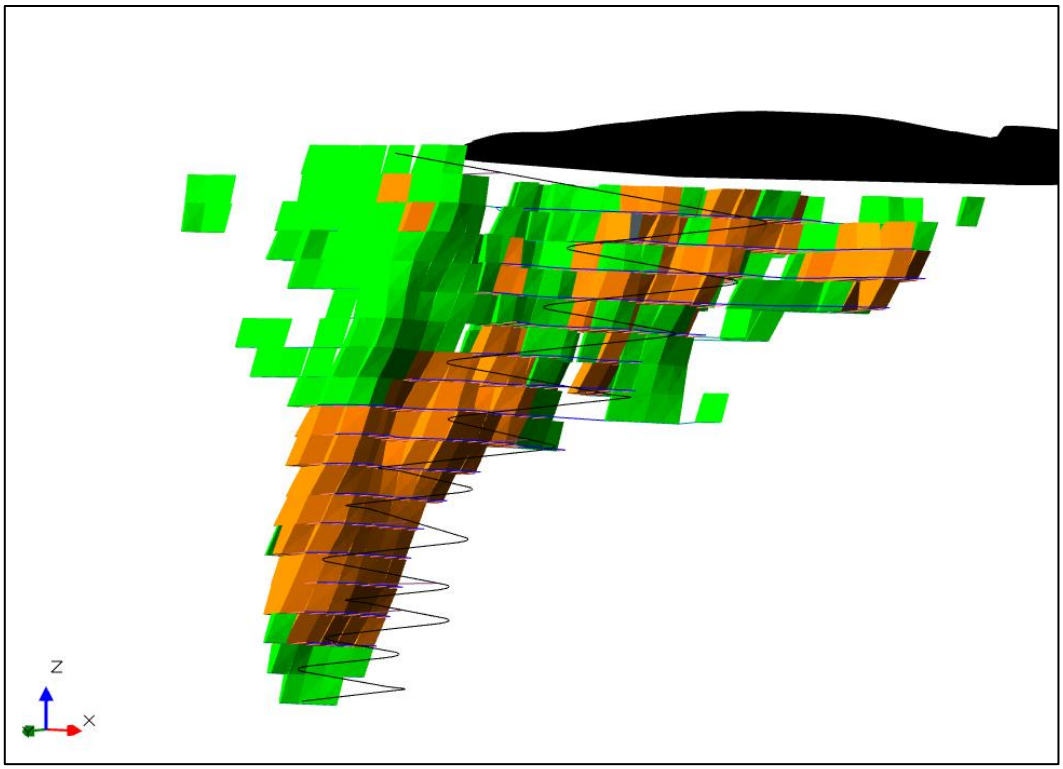


Figura 168 - "Romano" - Vista Oblíqua. Verde: Bancadas longitudinais; Laranja: Bancadas transversais

Fonte: SRK

A Figura seguinte apresenta um layout de superfície de um projeto semelhante de Central de Backfill. O layout inclui um conjunto de vias de acesso projetadas para permitir uma única direção do fluxo de tráfego e espaço para os equipamentos manobrarem livremente. 230 x 140 m (32 200 m^2) embora pareça haver espaço extra para armazenar em caso de necessidade, o Projeto "Romano" teria duas Centrais, a de Paste Fill e a de Pasta para o CRF.

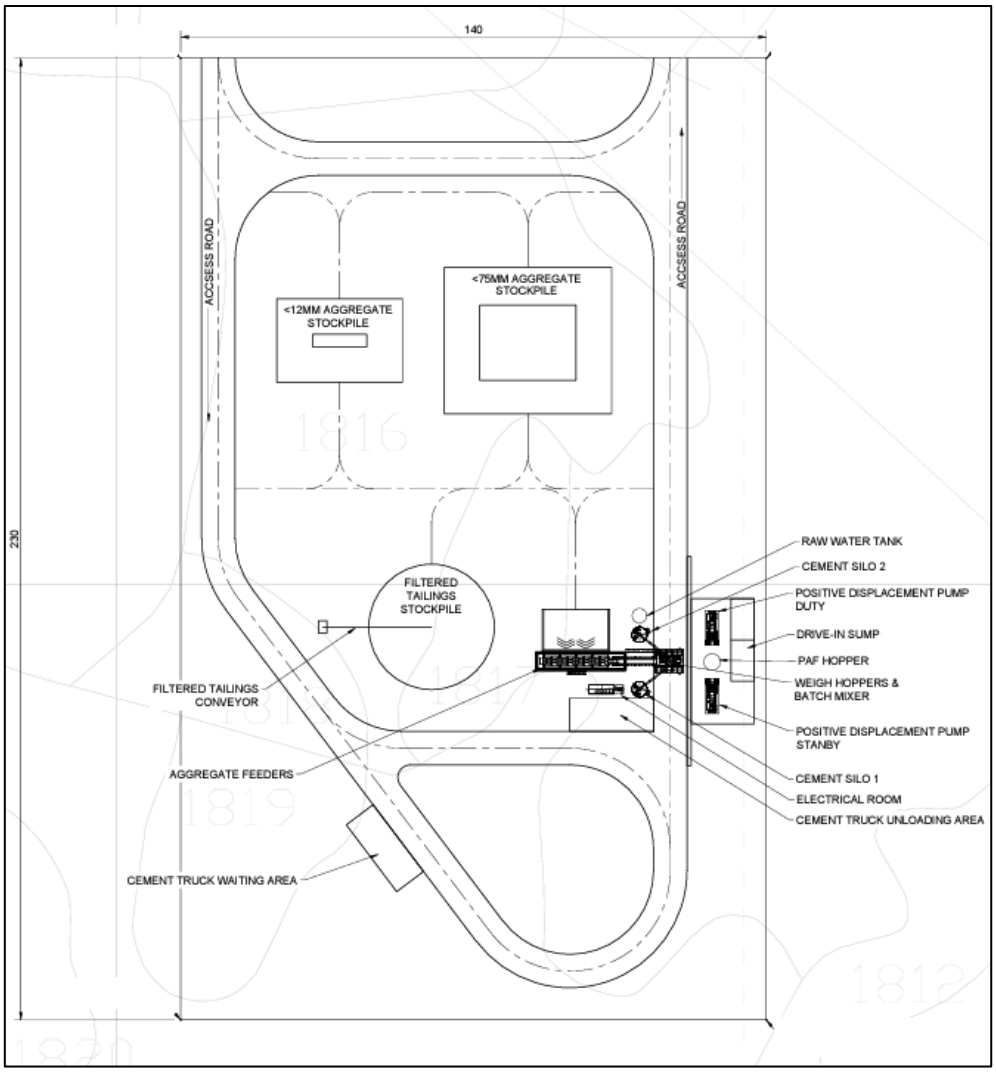


Figura 169 - "Romano" - Vista Oblíqua. Verde: Bancadas longitudinais; Laranja: Bancadas transversais

3.2.6.2.5.10. Síntese do conceito do "backfill"

O conceito de "backfill" para a Mina do "Romano" prevê a utilização de dois tipos de "backfill". O primeiro é um enchimento com pasta nos desmontes/bancadas longitudinais. O segundo enchimento será com rocha cimentada disposta nos desmontes/bancadas transversais. O CRF usará estéril da mina a céu aberto para formar uma plataforma de enchimento primária, secundária e terciária na qual a extração acima poderá ocorrer.

Para máxima eficiência e infraestrutura compartilhada, é recomendado que uma Central de Paste Fill dedicada seja construída para atender aos desmontes longitudinais e uma Central de betão reforçado/ polpa de CRF, de duplo propósito seja construída para fornecer material para suporte dos solos e enchimento das bancadas transversais.

O enchimento de pasta será produzido utilizando os rejeitados filtrados da lavaria, aglutinante e água, e entregue às bancadas/desmontes longitudinais. Dada as profundidades da mina, assim como a sua extensão lateral, a bombagem quase certamente será necessária para alcançar as bancadas/desmontes mais distantes, no entanto, a localização da Central de Backfill perto do jazigo provavelmente permitirá o enchimento por gravidade para as bancadas/desmontes.

Para refinar a compreensão dos requisitos do enchimento na mina, os seguintes itens são recomendados para um estudo mais aprofundado e detalhado a ser realizado em projeto de execução:

- São necessários mais detalhes sobre os fluxos dos rejeitados provenientes do processamento na lavaria, incluindo a composição e balanços de massa mais precisos e otimizados, para entender qual material deve ser incorporado no “backfill”;
- Tendo em conta que apenas serão utilizados os rejeitados de lamas/”slimes” e micas para as soluções de “backfill”, sendo que os restantes materiais remanescentes do processamento na lavaria, serão vendidos como recursos minerais secundários, e sendo assim, não estarão disponíveis para o enchimento dos desmontes terminados na mina subterrânea. Caso, ocorram mudanças nas proporções de rejeitados que requerem disposição subterrânea, estes podem impactar os métodos de extração e consequentemente de “backfill”;
- A execução de trabalhos laboratoriais com as diversas amostras, são necessários para validar a adequação da rocha estéril proveniente da exploração a céu aberto para produzir um produto CRF confiável;
- De igual forma, a execução de trabalhos laboratoriais com os rejeitados, são necessários para validar a adequação da abordagem de enchimento com pasta a determinar, qual a melhor mistura, em termos de composição e constituição adequada para aplicação como “backfill”;
- Um estudo de transporte deve ser realizado, para determinar com maior precisão, o método mais apropriado de transporte dos rejeitados filtrados, que em principio tenciona-se que sejam transportados até ao misturador da Central de Backfill por tela transportadora coberta. Compreender o método de transporte, pode influenciar a seleção dos equipamentos, assim como da disposição da Central de Backfill e ainda os requisitos de armazenamento necessário.

3.2.7. Equipamentos de ciclo de produção

Serão consideradas as máquinas a utilizar divididas em quatro (4) frentes de trabalho. No total serão doze (12) máquinas, subdividas em quatro grupos em diferentes frentes. Assim, irão ser utilizadas por frente de desmonte, uma (1) pá carregadora CAT R1700 e dois (2) dumpers CAT AD60. Segue-se uma explicação das máquinas a serem utilizadas no ciclo de produção para os trabalhos subterrâneos (Quadro seguinte).

Quadro 45 - Sequenciamento dos trabalhos subterrâneos

Sequenciamento dos trabalhos subterrâneos	
Atividades	
Jumbo (furação)	
Carregamento furos + Atacamento	
Disparo	
Ventilação e rega	
Saneamento mecânico/manual	
Revestimento e suporte	
Pá carregadora (CAT R1700 XE)	
Dumper CAT AD60	
Torva + quebragem	
Transporte correia transportadora	

Realça-se que a especificação utilizada para a explicação da pá carregadora R1700 XE *eletric-drive* serve de igual forma para a pá carregadora R1700 alimentada a diesel, mantendo as configurações, mudando somente a fonte de alimentação da máquina em si. Pelo facto de o modelo escolhido ser a pá carregadora elétrica, tal não significa que os níveis de eficiência e rentabilidade diminuam.

Quadro 46 - Máquinas a utilizar no ciclo de produção da exploração subterrânea

Máquinas	Modelo	Quantidade	Funções/Local
Pá carregadora	CAT R1700 XE	4	Carregamento do minério para o dumper ou *orepass*
Dumper	CAT AD60	8	Transporte de material

3.2.7.1. Pá carregadora subterrânea Caterpillar R1700 XE eletric-drive

O *Caterpillar R1700 XE Electric drive* combina os novos recursos de uma máquina desenvolvida em 2018, onde os sistemas electro-hidráulicos eficientes permitiram um aumento de 65% na força de sustentação, com um sistema de operação e carregamento de bateria de ião lítio desenvolvido pela Caterpillar (Figura seguinte). O sistema de carregamento rápido exclusivo da empresa MEC-500 permite o carregamento rápido da bateria com pouco ou nenhum impacto na infraestrutura elétrica existente. O sistema de carga aplicável elimina o manuseio da bateria durante a recarga (com potenciais riscos de segurança) e também a necessidade de manter inventários de bateria removíveis.

Comparativamente aos modelos movidos a diesel, este modelo elétrico exibe uma redução de mais de 10 vezes nos custos totais de energia, uma diminuição de 8 vezes no calor gerado e ruídos significativamente menores para os operadores. Devido ao motor ser alimentado via elétrica, o torque é instantâneo e os níveis de poeiras são mais reduzidos, pois este veículo não possui o habitual radiador convencional dos veículos a diesel. A Lusorecursos prevê recorrer a equipamentos preferencialmente elétricos, priorizando uma utilização e exploração mais sustentável.

Este equipamento apresenta uma distribuição em 2,54 m de altura, 2.86 m de largura e 11,01 m de comprimento. A capacidade de transporte da pá é de 5,7 m^3 a 8,0 m^3. A pá carregadora

permitirá o carregamento do material extraído no subterrâneo para camiões subterrâneos (CAT AD60), sendo que estes efetuarão o transporte para a superfície. Com a capacidade de carga única de 5,7 m^3(pá padrão), a carregadora necessitará de efetuar 5 ciclos de carga até completar a carga de um camião (caixa padrão), assumindo que esta terá um rendimento de 90%, ou seja, uma capacidade de carga de 5,13 m^3. No caso de uso da maior pá a acoplar à máquina, com carga única de 8,0 m^3, a carregadora terá de efetuar 4 ciclos de carga até completar a carga de um camião (caixa padrão), assumindo que esta terá um rendimento de 90%, ou seja, uma capacidade de carga de 7,2 m^3.

Figura 170 - Pá carregadora para subterrâneo Caterpillar R1700 XE eletric-drive

3.2.7.2. Camião subterrâneo - dumper Caterpillar AD60

No caso do camião a carregar a caixa ser a maior, capacidade de 36,6 m^3 que, com o rendimento de 90% tem capacidade de carga de 32,94 m^3, com a pá padrão, a carregadora necessitará de efetuar sete ciclos, enquanto que, com a pá maior, a carregadora apenas precisará de efetuar cinco ciclos de carga para o camião (CAT AD 60). Para as manobras da máquina é exigido um raio externo mínimo de 6,85 m e um raio interno mínimo de 3,14 m, com um ângulo de articulação de 44°.

O equipamento para transporte no subterrâneo trata-se de um camião articulado fora de estrada, próprio para a utilização em galerias subterrâneas (Figura seguinte). As dimensões

deste camião são 3,25 m de altura, 3,56 m de largura e 12,12 m de comprimento, quando o compartimento de armazenamento é levantado pode-se atingir uma altura de 6,97 m. Este é distribuído em dois eixos articulados independentes, a fim de favorecer a capacidade de realizar curvas num menor espaço, visto que a movimentação ocorrerá em ambiente com espaço reduzido. Para a realização de curvas é necessário um raio externo de 10,00 m e raio interno de 5,54 m, com ângulo de articulação de 42,5°. A capacidade de carga está dependente do tamanho do compartimento, que varia entre 26,9 m^3 (dimensão padrão) a 36,6 m^3. Ao estipular a eficiência de 90% de transporte, define-se que a capacidade de carga efetiva varia entre 24,21 m^3 (dimensão padrão) a 32,94 m^3. Em relação à velocidade esta varia entre 42,5 km/h (avanço em 7ª) a 6 km/h (avanço em 1ª), a depender da massa da carga a ser transportada, assim como das características do terreno, compactação, atrito, inclinação do terreno, entre outros.

Em termos de potência, este camião apresenta, segundo as normas SAE J1995 e VR Engine - SAE J1995, potência total de 600 kW. Estas especificações, acabam por gerar emissões de gases, consoante o quadro abaixo, em que os valores apresentados são equivalentes aos indicados na diretiva europeia 97/68/CE - EU Estágio II.

Quadro 47 - Índice de emissão de gases CAT AD60

Composto químico	Índice de emissão (g/kWh)	Emissão - Potência Total 765 kW (g/h)
CO	3,5	2100,00
HC	1	600,00
NOx	6	3600,00
PM	0,2	120,00

Figura 171 - Dumper" ou camião fora-de-estrada para trabalhos subterrâneos Caterpillar AD60

3.3. Sistema de combate às poeiras

3.3.1. Introdução

Foram manifestamente reconhecidas as preocupações para com os efeitos potenciais e danosos para o meio ambiente relativamente às atividades mineiras que irão ocorrer.

Esta é uma preocupação relevante, com receios particularmente na contaminação de águas superficiais e subterrâneas no território, assim como da qualidade do ar, que serão consideradas durante as atividades. Existe também a preocupação com os efeitos na saúde das pessoas e trabalhadores, associados à qualidade do pó e do ar próximo ao local da instalação da mina, bem como os efeitos nos variados ecossistemas.

Para a mitigação e propagação de poeiras serão utilizados métodos invasivos. O principal a ser usado será a rega das estradas e diferentes frentes de trabalho, para que estas assentem e, por via gravítica, acabem por depositar nos próprios locais. É importante mencionar que somente água será usada como supressor de poeiras e que esta não é uma solução química.

As emissões provenientes do levantamento de poeiras durante a circulação de camiões serão limitadas com recurso a supressores de poeiras e pela rega das estradas em tempo seco. Além disso, o transporte do minério e rocha encaixante estéril, bem como o seu armazenamento em área específica, poderá promover a suspensão de poeiras no ar. No entanto, o material resultante da extração a céu aberto será de granulometria relativamente grosseira, o que reduzirá a sua dispersão pelos fatores de transporte, como o vento.

As condições climatéricas da área em questão são frequentemente desfavoráveis à suspensão e arrastamento de partículas finas no ar (por exemplo, solo semi-congelado ou coberto de neve e precipitação líquida ou sólida). A utilização de máquinas necessárias à construção das várias infraestruturas de tráfego nas estradas periféricas do projeto resultará em emissões de escape que aumentarão as concentrações de poluentes no ar, incluindo monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogénio (NOx), compostos orgânicos voláteis (COV) e material particulado, assim como dióxido de carbono (CO_2), que se trata de um gás de efeito estufa. No entanto, a preocupação será a utilização de veículos o menos poluidores possível e, no caso de existência de alternativas elétricas, ponderar-se-á a utilização dos mesmos ao invés dos operados a diesel.

Em referência à prática da extração a céu aberto, o desmonte será por via de um minerador de superfície de precisão. Este minerador (*Vermeer* TL 1255 *Terrain Leveler Single Sided Direct*) para além de potencializar e excluir um britador primário devido ao modo de operação do mesmo, na qual o material extraído sai com uma determinada granulometria, tem acoplado à máquina um sistema de captação de poeiras e material fino, evitando assim a dispersão das poeiras aquando dos trabalhos de extração. O modo de operação da *Vermeer* é uma cabeça de corte com bicos que se encontra praticamente fechada (protegida por um tolde) na qual dois (2) grandes aspiradores sugam as poeiras diretamente da cabeça de corte para as caixas acumuladoras de pó. As poeiras coletadas são totalmente recolhidas para a máquina, havendo deste modo uma menor necessidade de rega e utilização de água para controlo das poeiras durante o processo extrativo, sendo assim um processo extrativo ambientalmente responsável e eficiente. Nas Figuras seguintes, pode-se constatar duas tubulações amarelas, sendo estas referente a aspiradores que recolhem as poeiras resultantes da extração.

Figura 172 - Vermeer TL 1255 Terrain Leveler Single Sided Direct em funcionamento com enfâse para as mangueiras de evacuação do aspirador de poeiras (indicado pelas setas amarelas)

Figura 173 - Vermeer TL 1255 Terrain Leveler Single Sided Direct em perfil com enfâse para os coletores de poeiras (indicado pela seta amarela)

Figura 174 - Imagem esquerda: Vermeer TL 1255 com coletores de poeiras desativados; Imagem direita: Vermeer TL1255 com os coletores de poeiras ativados

Ainda relativamente à extração a céu aberto, será utilizado um trator com cisterna (Figuras seguintes) que regularmente irá regar os estradões/vias de acesso para evitar o levantamento de poeiras aquando da passagem dos camiões/dumpers. Quanto ao trator com cisterna foi selecionado um modelo provido de metodologias de precisão tanto no trator como na cisterna, para melhor a gestão de água, "environment-friendly", evitando desperdícios. O sistema será controlado por um software denominado de "ISOBUS", que monitoriza conforme as condições de humidade do ar, a libertação de água gerindo o recurso de forma sustentável e eficiente.

As interfaces ISOBUS da DEUTZ-FAHR têm certificação AEF (TECU classe 2 e VT) reconhecidas globalmente. Permitem ainda mais funções integradas, como o controlo de secção automático e o TIM ("Tractor Implement Management"), gestão automática de equipamentos do trator. Todas estas funcionalidades suportam a gestão de práticas agrícolas de precisão, assim como, no caso específico e já mencionado anteriormente, uma melhor gestão e utilização da água usada para rega.

Figura 175 - Trator Deutz-Fahr 9340 TTV Agrotron onde será acoplada a cisterna da marca joskin

Figura 176 - Cisterna Joskin a ser acoplada ao trator

No que concerne à perfuração das frentes de ataque na exploração subterrânea efetuadas pela Epiroc Boomer S2, esta possui um sistema hidráulico de bombear água com uma

capacidade máxima de 15 bar, passível de 200 l/min atenuando a emissão de poeiras, através da rega da frente de perfuração do corpo geológico a extrair.

As detonações na exploração subterrânea emitirão também gases nocivos e poeiras, no entanto, depois das detonações acontecerem/ocorrerem nas frentes, existirão para além do sistema de rega, sistemas de ventilação extremamente adequados para a circulação de ar, devolvendo as condições para que os trabalhos possam prosseguir.

Serão efetuados testes durante as fases de construção, operação e manutenção, para avaliar a dispersão atmosférica de poeiras. Esta avaliação prende-se pela medição da magnitude do efeito (intensidade) e para a sua obtenção é utilizado o método que se refere ao valor ambiental geral (antes de qualquer intervenção) desse mesmo componente e o respetivo grau de perturbação. Depois de quantificado, discriminar-se-á a magnitude do efeito das poeiras em alta, média ou baixa.

A definição de recolha de poeiras será:

- Operações de produção (Ex: extração, britagem, etc.)
- Áreas (Ex: Zona de extração, Complexo de Anexos Mineiros, etc.)
- Tipo de material (Ex: Pegmatito, Micaxisto, Quartzo-filitos, etc.).

Quadro 48 - Avaliação do grau de perturbação gerada

Grau de perturbação	**Valor do componente**		
	Alto	**Médio**	**Baixo**
Alto	Alto	Alto	Médio
Médio	Alto	Médio	Baixo
Baixo	Médio	Baixo	Baixo

O valor limite para a proteção da Saúde Humana, de acordo com o Decreto Lei nº102/2010 de 23 de setembro alterado e republicado pelo Decreto Lei nº47/2017 de 10 de maio de 2017 encontra-se abaixo no quadro.

Quadro 49 - Valor republicado segundo o Decreto Lei nº47/2017 de 10 de maio

	Período de Referência	**PM_{10} ($\mu g/m^3$)**
Valor Limite	1 dia	50 $\mu g/m^3$ (a não exceder mais de 35 vezes por ano civil)

3.3.2. Medidas mitigadoras

- Rega das cargas dos camiões de transporte, conforme necessário, principalmente ao nível dos pneus e da carroçaria, a fim de impedir a poeira que poderia escapar destes durante o transporte;
- Limitar a velocidade aos veículos que circundarão as zonas de trabalho;
- Rega dos solos secos durante épocas mais quentes, conforme necessário para manter a superfície húmida aquando dos trabalhos de decapagem e/ou nivelamento;
- Minimização do uso de explosivos na exploração subterrânea, diminuindo a taxa de detonações por semana;
- Uso de equipamentos e máquinas adequados e respeitante aos padrões de qualidade da atmosfera previstos em Portugal;
- Interrupção de motores de veículos imobilizados;
- Inspeção prévia e regular das máquinas para garantir as boas condições, eficácia e operação adequada, incluindo sistemas de controle de exaustão e poluição;
- Monitorização dos inventários anuais das taxas de emissão de CO_2 e, quando apropriado, contrariar essas mesmas taxas com o apoio a propostas de retenção de emissão de CO_2;
- Monitorização dos principais locais/processos causadores de poeiras, onde, sempre que possível, serão assinalados e cumprida a recolha e análises das poeiras;
- Uso de equipamento de segurança, como máscaras e outros;
- Manutenção da sinalização de segurança;
- Manutenção dos filtros de ar existentes, regularmente;
- Pesquisa contínua para implementação de novos processos mais eficientes e eficazes no combate à formação de poeiras;
- O transporte do pegmatito para a zona de processamento será realizado por correia transportadora com cobertura, evitando assim a ação do vento e da água como agentes de transporte de material fino.

3.3.3. Ventilação na exploração subterrânea

Numa mina subterrânea é necessária a existência de uma corrente de ar fresco, que consiga percolar com qualidade para todos os locais de trabalho. É importante que essa ventilação ocorra de modo a diluir e evacuar os gases e poeiras que são formados durante a extração, para que as condições de humidade e temperatura sejam cumpridas dentro dos limites legais de trabalho subterrâneo. Assim, futuramente será efetuado com maior rigor, o

dimensionamento do caudal necessário para que as condições de trabalho cumpram os termos em vigor em função do número de trabalhadores, do número de equipamentos movidos a diesel, do método de desmonte e subsequentemente do número de desmontes em exploração. Sempre que possível utilizar-se-á ventilação natural, no entanto, possivelmente ter-se-á de recorrer a sistemas forçados, os denominados ventiladores.

Este sistema pode funcionar de duas formas: pressões positivas (método insuflante) ou negativas (método aspirante) relativamente à pressão atmosférica. Os ventiladores têm como função fazer circular o ar, de acordo com o seu dimensionamento previsto, por toda a mina. No entanto, poderão existir locais da mina onde a ventilação mencionada não seja suportada, como por exemplo no desenvolvimento de novas galerias. Nesse caso em concreto, serão montados ventiladores auxiliares dimensionados para que consiga conduzir o ar fresco às frentes de trabalhos desses locais, sendo assim imposta uma ventilação secundária.

3.4. Cronograma dos trabalhos

Primeiramente convém salientar que a execução dos trabalhos estará regida por determinados períodos de laboração. No que diz respeito à extração a céu aberto, os trabalhos irão funcionar em dois turnos, existindo um turno que trabalhará das 7h às 14h, com um intervalo para descanso de 1h, e outro turno que trabalhará por jornada contínua das 14h às 19h, evitando assim o ruído após este horário. Estes trabalhadores, independentemente do turno que ocuparem, terão folga semanal fixa, ao sábado e ao domingo (Quadro 50).

Quadro 50 - Turnos na extração a céu aberto

Extração a céu aberto			
1º Turno	Horário	Intervalo	Folga
	7h-14h	1h	Sábado, Domingo
2º Turno			
	14h-19h	-	Sábado, Domingo

O processo de extração em subterrâneo, irá laboral 24h sob 24h, perfazendo 3 turnos de 8h cada, com um intervalo para descanso de 1h, e folgas rotativas (Quadro 51).

Quadro 51 - Turnos na extração em subterrâneo

Extração em subterrâneo			
1º Turno	Horário	Intervalo	Folga
	6h-14h	1h	Rotativa
2º Turno			
	14h-22h	1h	Rotativa
3º Turno			
	22h-6h	1h	Rotativa

A Lusorecursos equaciona a construção de uma Unidade Industrial Eco-Inovadora constituída por um Concentrador (para petalite essencialmente, mas também para espodumena, feldspatos, quartzo, cassiterite e columbo-tantalite) e uma Fábrica Hidrometalúrgica para a transformação química dos concentrados de petalite para $LiOH.H_2O$ (Tecnologias Inovadoras para Recursos Minerais).

Este processo industrial irá laborar nos mesmo moldes que o processo de extração em subterrâneo, isto é, também irá funcionar com três turnos (Quadro 52).

Quadro 52 - Turnos no processo industrial

Processo Industrial			
1º Turno	Horário	Intervalo	Folga
	6h-14h	1h	Rotativa
2º Turno			
	14h-22h	1h	Rotativa
3º Turno			
	22h-6h	1h	Rotativa

As restantes atividades trabalharão em horário laboral normal, isto é, irão laboral das 9h às 18h, com um intervalo para descanso de 1h (Quadro 53).

Quadro 53 - Turno único outras atividades

Outras atividades			
Único	Horário	Intervalo	Folga
	9h-18h	1h	Sábado, Domingo

O seguinte cronograma pretende de forma visual demostrar de forma geral todas as etapas a ser executadas por parte da Lusorecursos. As etapas estão divididas por categorias abrangentes, onde dentro destas existam muitas outras anexas a uma atividade principal mencionada neste cronograma.

O cronograma acima representa uma exploração mista, em céu aberto e subterrâneo de 15 Mton de minério na concessão do “Romano”, concedendo-se assim um horizonte temporal de exploração de 10 anos, com o ROM de 1,5 Mton. Não obstante, com os programas de trabalho desenvolvidos e com os planeados ao longo do projeto, tenciona-se alcançar o “target” de 30 Mton de minério, que prolongaria o projeto de exploração para cerca de 20 anos, admitindo um ROM de 1,5 Mton anuais. Assim, durante o projeto, ocorrerão campanhas de prospeção e pesquisa de 2 em 2 anos para aumento dos recursos minerais.

Quadro 54 - Cronograma dos trabalhos a serem realizados ao longo do tempo de vida útil da mina

	Ano													
Atividades	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
Prospeção e Pesquisa	■		■		■		■		■		■		■	
Construção vias de acesso internas		■												
Outras construções de apoio à exploração/CAM		■	■	■										
Exploração a céu aberto – fase 1		■	■	■	■									
Exploração a céu aberto – fase 2						■	■							
Construção rampa de acesso		■	■	■										
Exploração subterrânea					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Construção lavaria/concentrador		■	■	■										
Construção fábrica hidrometalúrgica		■	■	■										
Produção lavaria/hidrometalúrgica					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fecho da mina													■	■

(Página intencionalmente deixada em branco)

Referências Bibliográficas

De Souza, E., Archibald, J.F. & Dirige, A.P.E. 2003. Economics and Perspectives of Underground Backfill Practices in Canadian Mines. 105th Annual General Meeting of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Montreal, CIM15.

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO IV – LAVARIA E HIDROMETALURGIA

ENTIDADE PROMOTORA: LUSORECURSOS PORTUGAL LITHIUM, S.A.
PARCEIRO TECNOLÓGICO: HATCH E METSO OUTOTEC

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

IV. LAVARIA E HIDROMETALURGIA 317
1. Enquadramento 317
2. Lavaria 320
2.1. Estudos 320
2.1.1. Caracterização do minério 320
2.1.2. Testes de flutuação 329
2.1.3. Teste DMS (Dense Media Separation) 355
2.1.4. Espessamento 365
2.1.5. Filtração 378
2.2. Britagem 391
2.3. Concentração 399
2.3.1. Moagem 399
2.3.2. Flutuação 400
2.4. Processo de espessamento e filtração (*dry stacking*) 410
2.5. Síntese dos processos de concentração 417
2.6. Substâncias químicas no processo 418
2.6.1. Concentrador 418
3. Hidrometalurgia 422
3.1. Descrição das técnicas hidrometalúrgicas 422
3.1.1. Acid-leaching 425
3.1.2. Substâncias químicas no processo 432
3.2. Saídas e emissões da fábrica hidrometalúrgica 435
3.2.1. Resíduos e Efluentes Líquidos 435
3.2.2. Fontes de emissão 436
3.3. Indicações de ruído durante as operações de construção e operacionais 441
3.2.1. Ruído- fase construção 442
3.2.2. Ruído- fase operacional 442
3.4. Produção estimada anual de hidróxido de lítio e outros subprodutos 443
4. Cronograma dos trabalhos 445
Referências Bibliográficas 447

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 177 - Distribuição dos principais minerais do minério do “Romano” por fração granulométrica 324
Figura 178 - Visão geral do minério do “Romano”. Os minerais são geralmente grosseiros e bem libertados. A columbo-tantalite pode ser vista nas Figuras B e D como inclusões dentro de hospedeiros de minerais silicatados 325
Figura 179 - Distribuição granulométrica do minério da concessão do “Romano” 325
Figura 180 - A distribuição dos elementos principais entre as frações granulométricas no minério da concessão do “Romano” 326
Figura 181 - Volume de petalite libertada e as partículas binárias e ternárias contendo petalite 327
Figura 182 - Rendimento de libertação cumulativa da petalite dentro do minério 328
Figura 183 - Distribuição da petalite por granulometria e classe de libertação no minério 328
Figura 184 - Esquerda: Curva de moagem - relação do tempo de moagem com P80. À direita: distribuições de tamanho de partícula dos diferentes tempos de moagem 329
Figura 185 - Máquina de flutuação Outotec-GTK LabCell ™ usada nos testes 330
Figura 186 - Flowsheet usado para os testes 1 e 2 332
Figura 187 - Flowsheet usado para o teste Rougher 3 333
Figura 188 - Flowsheet usado para o teste Rougher 4 333
Figura 189 - Recuperação cumulativa combinada e relação de recuperação de teor de Li_2O nos testes 1-4 334
Figura 190 - Flowsheet usado para o teste Rougher 5 334
Figura 191 - Recuperação cumulativa combinada e relação de recuperação de teor de Li2O dentro do estágio de flutuação de petalite no Teste 5 335
Figura 192 - Recuperação cumulativa combinada e relação teor-recuperação de Li2O nos testes 6-7 336
Figura 193 - Flowsheet usado nos testes Rougher 8-10 336
Figura 194 - Recuperação cumulativa combinada e relação teor-recuperação de Li_2O nos testes 8-9 337
Figura 195 - Recuperação cumulativa combinada e relação de recuperação de teor de Li2O nos testes 1-10 337
Figura 196 - Flowsheet usado no teste Cleaner 1 339
Figura 197 - Flowsheet usado nos testes Cleaner 3 e 4 340
Figura 198 - Flowsheet usado nos testes Cleaner 5, 8 e 9 341
Figura 199 - Flowsheet usados nos testes Cleaner 6 e 7 342
Figura 200 - Flowsheet usados no teste Cleaner 10 343
Figura 201 - Resumo da relação teor-recuperação de Li_2O nos testes de Cleaner 1-10 344
Figura 202 - Flowsheet usado no Teste de flutuação em ciclo fechado 345
Figura 203 - Carga circulante durante o teste de ciclo fechado 346
Figura 204 - Equação do modelo utilizado para a simulação 349
Figura 205 - Equação do modelo retangular utilizado para a simulação 349
Figura 206 - Fluxograma de lavaria para o minério da concessão do “Romano” 354
Figura 207 - Distribuição granulométrica do minério do “Romano” britado 356
Figura 208 - Quantidades de amostra (10 g cada) antes de adicionar ao meio denso 357
Figura 209 - O minério triturado em meio denso antes de ser centrifugado 357
Figura 210 - Separação dos diferentes materiais com base na densidade. A fração densa foi congelada com gelo seco 358

Figura 211 - O minério britado dentro da separação de meio denso após ser centrifugado.....359
Figura 212 - Resultados dos testes de separação em meio denso indicando recuperações de Li2O com diferentes intervalos de tamanho de partículas 359
Figura 213 - Resultados de testes de separação em meio denso indicando recuperações da massa total da amostra com diferentes intervalos de tamanho de partículas 360
Figura 214 - Resultados de testes de separação em meio denso, indicando a quantidade de lítio relatada para a fração pesada com diferentes intervalos de tamanho de partícula.....361
Figura 215 - Resultados dos testes em meio denso, indicando a quantidade de potássio para a fração pesada com diferentes intervalos de tamanho de partículas.....361
Figura 216 - Resultados dos testes em meio denso, indicando a quantidade de sódio para a fração pesada com diferentes faixas de tamanho de partículas 362
Figura 217 - Resultados dos testes de meio denso, indicando a massa geral da amostra expressando à fração pesada (rejeitados) com diferentes intervalos de tamanho de partículas 364
Figura 218 - Outotec Supaflo 99 mm de diâmetro - Espessador de alta taxa.....366
Figura 219 - Dose de floculante versus taxa de sedimentação.....370
Figura 220 - Dose de floculante BASF Magnafloc 10 versus transbordamento.....370
Figura 221 - Ensaio de espessamento dinâmico de amostra de rejeitados finais 371
Figura 222 - Dose de floculante versus taxa de sedimentação.....372
Figura 223 - Dose de floculante Magnafloc 10 versus clareza de transbordamento visualmente. A amostra incluiu muita espuma e a taxa de sedimentação foi impossível de medir 373
Figura 224 - Formação de espuma durante o teste de sedimentação 373
Figura 225 - Distribuição do tamanho de partícula (difração a laser) – rejeitados finais 375
Figura 226 - Distribuição do tamanho de partícula (difração a laser) – concentrado 376
Figura 227 - Curvas reológicas das amostras espessadas do “underflow”. *A amostra de UF assentou mais quando a tensão de escoamento foi medida.....377
Figura 228 - Outotec Larox® Büchner e Labox 100 unidades de teste em escala de bancada 378
Figura 229 - Etapas da operação do filtro de correia de vácuo Outotec Larox® e filtro de correia de borracha RB-SV com lavagem do “cake”.....380
Figura 230 - Princípio de operação do filtro Outotec Larox® FP/FFP.....381
Figura 231 - Demostração do “cake” final doteste de filtragem de correia a vácuo para rejeitados finais 383
Figura 232 - Efeito do tempo de secagem na capacidade de filtração e na humidade do “cake”. A espessura do “cake” foi de 21 mm.....383
Figura 233 - Efeito da espessura do “cake” na capacidade de filtração e no teor de humidade do “cake”. O tempo de secagem foi de 60 segundos 384
Figura 234 - Teste de filtração de correia a vácuo para rejeitados finais 385
Figura 235 - Os sólidos remanescentes no tecido após a descarga do “cake” são removidos facilmente com espátula. A figura ilustra que, metade do tecido estava raspado 385
Figura 236 - Teste de filtração de filtro prensado para rejeitados finais.....386
Figura 237 - Teste de filtragem de correia de vácuo para o concentrado 387
Figura 238 - Distribuições de tamanho de partículas (difração a laser) – rejeitados finais 389
Figura 239 - Distribuições de tamanho de partículas (difração a laser) – concentrado 390
Figura 240 - Transporte do Minério Bruto (Dumper) à esquerda e Tela Transportadora Coberta (à direita).....392
Figura 241 - Britador Secundário 393
Figura 242 - Crivagem secundária em dois patamares “double deck screening”.....394
Figura 243 - Moinho cónico 394

Figura 244 - Disposição da área de britagem a norte, com o depósito de minério bruto e o stock inicial de estéril, localizados a sul....395
Figura 245 - Diagrama esquemático do fluxo de processo relativo à britagem secundária e terciária....396
Figura 246 - (a) “belt-type sorter”: (I) correia alimentadora vibratória; (II) sensores; (III) bicos de injeção; (IV) UPC – Unidade de Processamento Central; (V) “drop fraction” a aceitar e (VI) “ejected fraction” a rejeitar. (b) exemplo de uma instalação na mina....397
Figura 247 - Estéril (à esquerda) e Minério (à direita)....398
Figura 248 - Representação do edifício de britagem de minério de lítio aplito-pegmatítico....398
Figura 249 - Exemplos de espirais concentradoras numa instalação de processamento mineral (à esquerda); Esquema mostrando o princípio de funcionamento de uma espiral concentradora de minerais pesados (à direita)....399
Figura 250 - Representação exemplo de um moinho de bolas para o processo de cominuição por via húmida do minério do “Romano”....400
Figura 251 - Aspeto geral de uma célula de flutuação Outotec “TankCell”; (b) pormenor do mecanismo “FloatForce” da Outotec Oy que maximiza o contacto entre as bolhas e as partículas minerais na zona de contacto entre o rotor e o estator....402
Figura 252 - Exemplo de uma Unidade de flutuação completa da Metso- Outotec....403
Figura 253 - Fluxo de processo genérico que visa a concentração de petalite da concessão “Romano”....403
Figura 254 - Diagrama esquemático do fluxo de processo relativo à flutuação por espumas de acordo com a simulação do concentrador segundo o trabalho desenvolvido pela Metso - Outotec....405
Figura 255 - Exemplos de células de flutuação por espumas da Metso – Outotec....408
Figura 256 - Representação dos edifícios Moagem (2) e Flutuação (3), Unidade de espessamento, Unidade de filtração (5) e Unidade de calcinação (6) nas soluções A e B....409
Figura 257 - Diagrama esquemático do fluxo de processo relativo à solução de gestão de rejeitados....411
Figura 258 - Representação da Unidade de espessamento e Unidade de Filtração (5) na Solução A do CAM....413
Figura 259 - Representação da Unidade de espessamento e Unidade de Filtração (5) na Solução B do CAM....413
Figura 260 - Sequenciamento do processo de filtração dos “tailings”....416
Figura 261 - Sequenciamento do processo de filtração dos “tailings”....416
Figura 262 - “Layout” exemplo de um processo de grano-seleção, espessamento e filtração dos “tailings” para uma alimentação de 200 ton/dia....417
Figura 263 - Fluxograma de processo genérico para a transformação química de petalite para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado via “soda leaching”....424
Figura 264 - Fluxograma de processo mais detalhado sobre o processo “soda leaching” para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado “battery-grade”....424
Figura 265 - Exemplo de uma Fábrica Hidrometalúrgica para produção de hidróxido de lítio para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado “battery-grade”....426
Figura 266 - Fluxo de processo detalhado sobre o processo “acid leaching” para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado “battery-grade”....427
Figura 267 - Exemplar conceptual de um calcinador. O forno do “roast” ácido é em termos de dimensão e estrutura será semelhante ao calcinador, apenas diferem os processos aplicados.
....428

Figura 268 - Exemplar conceptual de cristalizadores. O aspeto estrutural será igual nos diversos cristalizadores utilizados durante o processo 431
Figura 269 - Localização das chaminés (Ch) para o fluxograma de processo detalhado sobre o processo “acid leaching” para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado “battery-grade” na unidade de calcinação (06) e na fábrica hidrometalúrgica (07) para a Solução A 440
Figura 270 - Localização das chaminés (Ch) para o fluxograma de processo detalhado sobre o processo “acid leaching” para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado “battery-grade” na unidade de calcinação (06) e na fábrica hidrometalúrgica (07) para a Solução B 441

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 55 - Composição química do minério da concessão do “Romano”. Os valores de massa foram calculados a partir das frações de tamanho de acordo com a distribuição de massa 321
Quadro 56 - Composição mineralógica do minério do “Romano” de rocha-total e por fração granulométrica 323
Quadro 57 - Distribuição dos principais minerais do minério do “Romano” por fração granulométrica 323
Quadro 58 - Distribuição de lítio nos minerais de lítio do minério do “Romano” 324
Quadro 59 - Distribuição granulométrica do minério da concessão do “Romano” 326
Quadro 60 - Modo de ocorrência da petalite no minério do “Romano” 327
Quadro 61 - Reagentes utilizados no trabalho laboratorial de lavaria 330
Quadro 62 - Resumo síntese dos testes realizados dentro do programa estabelecido 331
Quadro 63 - Resumo dos resultados dos testes de Rougher 1-10 338
Quadro 64 - Resumo dos resultados dos testes Cleaner 1-10 344
Quadro 65 - Reagentes de flutuação e tempo usado no teste de ciclo fechado 346
Quadro 66 - Resultados completos do teste de ciclo fechado 348
Quadro 67 - Seleção preliminar de células para o circuito de flutuação da concessão do “Romano” 350
Quadro 68 - Distribuição granulométrica do minério do “Romano” britado 356
Quadro 69 - Densidades dos principais minerais presentes no minério da concessão “Romano” 362
Quadro 70 - Composição dos testes de separação e dos produtos das frações leves e médias combinadas por frações granulométricas 362
Quadro 71 - Composição dos produtos do teste de separação por densidade de meio denso 363
Quadro 72 - Floculantes testados 367
Quadro 73 - Resultados do teste de espessamento dinâmico: rejeitados finais 371
Quadro 74 - Resultados do teste de espessamento dinâmico: rejeitados finais 381
Quadro 75 - Rejeitados finais: resultados do teste de filtração por correia de vácuo 382
Quadro 76 - Rejeitados finais: resultados do teste de filtração por correia a vácuo com lavagem do “cake” 384
Quadro 77 - Rejeitados finais: Resultados do teste de filtração da prensa de filtro 385
Quadro 78 - Concentrado: resultados do teste de filtração por correia de vácuo 386
Quadro 79 - Comparação entre os métodos de deposição de rejeitados de lavaria mineira 411
Quadro 80 - Comparação entre teor de água nos diferentes tipos de rejeitados e respetivo consumo de água por tonelada de ROM 414
Quadro 81 - Químicos que vão ser integrados nos processos de concentração e respetivos consumos em g/t e t/ano considerando o máximo de 1.500.000 t/ano 419
Quadro 82 - Químicos que vão ser integrados nos processos de concentração e respetivos consumos em g/t e t/ano considerando o máximo de 1 500 000 t/ano 420
Quadro 83 - Resumo do consumo de reagentes para o processo via “acid-leaching”. * ktpa-quilotoneladas por ano 433
Quadro 84 - Resumo do consumo de reagentes para o processo via “acid-leaching”. * ktpa-quilotoneladas por ano 434
Quadro 85 - Quadro dos resíduos e efluentes líquidos do processo via “acid-leaching”. * ktpa-quilotoneladas por ano 435

Quadro 86 - Emissões de GEE – Gases Efeito de Estufa, por fonte de combustível no processo via “acid-leaching”. * ktpa- quilotoneladas por ano. Será utilizado como fonte combustível, gás natural. 438
Quadro 87 - Resumo de emissões e características das chaminés no processo via “acid-leaching”. * ktpa- quilotoneladas por ano 439
Quadro 88 – Quadro síntese das quantidades e volumes do produto e subproduto da Mina do “Romano” 444

(Página intencionalmente deixada em branco)

IV. LAVARIA E HIDROMETALURGIA

1. Enquadramento

A Lusorecursos tem como principal objetivo a produção de um composto químico inorgânico, denominado de hidróxido de lítio mono-hidratado - $LiOH.H_2O$ ultrapuro, a partir de concentrados minerais de petalite (mineral de lítio predominante no jazigo) para as relevantes indústrias de produção de células de baterias de ião lítio e de armazenamento energético (*e.g.* "*powerwalls*"). Os concentrados minerais de petalite são passíveis de serem obtidos através da extração e beneficiação de rochas de afinidade granítica denominadas de pegmatitos LCT (Lítio-Césio-Tântalo). Para o efeito, todo o processo extrativo e de transformação na prevista Mina do "Romano" (inserida no Bloco A da concessão) tem sido planeado pela Lusorecursos tendo em consideração uma efetiva responsabilidade ambiental e social numa lógica de compensação territorial, sustentabilidade e de economia circular.

A redução de teores e a lógica de economia circular subjacente aos projetos mineiros sustentáveis também levou a que minérios de menor teor também tenham de efetivamente ser processados, o que provoca forçosamente o aumento dos volumes de materiais envolvidos. Para além da eficiência hídrica e energética, a deposição de resíduos e a gestão dos rejeitados são fatores-chave.

A Lusorecursos antevê desenvolver a compreensão sistemática dos parâmetros físico-químicos que condicionam a melhor recuperação do minério litinífero petalite para a otimização da sua concentração a fim de ser convertida, após calcinação e hidrometalurgia, em hidróxido de lítio ultrapuro mono-hidratado – $LiOH.H_2O$ *i.e.* "*battery grade*". A petalite ($LiAlSi_4O_{10}$) é um mineral que apresenta na sua constituição lítio – Li, teoricamente 4,9% de Li_2O, ou seja, cerca de 2,3% de Li metal (Klein e Hurlbut, 1998). Por esse motivo é que, juntamente com a espodumena e a lepidolite, a petalite é considerada como uma das principais fontes de lítio "hard-rock" para o futuro da "economia verde" (BGS, 2016).

Objetiva-se ainda o aproveitamento de minerais industriais como o feldspato e quartzo, constituindo simultaneamente uma oportunidade e uma exigência para alcançar uma exploração sustentável e amiga do ambiente ("eco-friendly"). Assim, consegue-se minimizar o impacte ambiental global da extração mineira na concessão "Romano", através da sua avaliação sistemática e assim, aumentar a eficiência e sustentabilidade dos processos de produção, reduzindo o consumo de recursos e o volume de rejeitados, tendo em conta que o manuseamento e o processamento dos resíduos mineiros sempre fizeram parte da estratégia da Lusorecursos.

Para além da área concessionada de onde serão extraídos os recursos minerais de natureza aplito-pegmatítica, que albergam importantes quantidades de petalite (futura Mina do "Romano"), a Lusorecursos prevê a construção de um Complexo de Anexos Mineiros, constituído por um Concentrador (para petalite, cassiterite, misturas quartzo-feldspáticas com minerais de lítio acessórios e possivelmente columbo-tantalite) e por uma unidade Hidrometalúrgica para a calcinação (ou pirometalurgia) e transformação química dos concentrados de petalite em $LiOH.H_2O$ "battery grade" (hidrometalurgia).

A concentração consiste no conjunto de processos de fragmentação da rocha-mãe ("ROM – Run-Of-Mine") e consequente separação de diferentes constituintes minerais, recorrendo a várias metodologias específicas (britagem e moagem, separação ótica e processos de flutuação por espumas, não descurando a hipótese de recurso a mecanismos de separação magnética e gravítica). Quanto à transformação química ou hidrometalúrgica dos concentrados petalíticos, esta é exequível, genericamente, por duas formas distintas: (1) lixiviação ácida via ácido sulfúrico – H_2SO_4 e; (2) a lixiviação via carbonato de sódio – Na_2CO_3 sob pressão. Independentemente do químico responsável (H_2SO_4 ou Na_2CO_3) pelo principal ataque químico (lixiviação – "leaching" dos concentrados previamente calcinados, ou seja, sujeitos a altas temperaturas), o que é também relevante, é a reciclagem sistemática de químicos no processo de forma a minimizar quaisquer possíveis impactes ambientais. É importante realçar que, as alternativas tecnológicas do mercado ("acid leaching" e "soda leaching") são apresentadas como soluções viáveis, mas que a escolha final, irá estar dependente das evoluções tecnológicas e também das necessidades do mercado (potenciais clientes).

A Lusorecursos tem dado total relevância à obtenção de conhecimento através de atividades e tarefas de I&DT que visem perceber de que forma é possível, em escala industrial, separar, purificar e concentrar petalites com valores superiores a 4,0% de Li_2O (comummente denominado de "chemical grade" em oposição ao "technical grade" que supera os 4,5% de Li_2O, mais ajustado, apenas na forma de concentrado, para as indústrias da cerâmica e do vidro "*premium*") e consequentemente o seu processamento químico para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado ultrapuro – $LiOH.H_2O$ inteiramente ajustado à sua utilização nas etapas seguintes da cadeia de valor, ou seja, na produção de materiais ativos para integrarem células de baterias de ião lítio.

Para o efeito, sucessivos trabalhos exploratórios a montante e a várias escalas, tanto em contexto de campo (*e.g.* levantamentos topográficos, cartográficos, geográficos, cadastrais, ambientais, geológicos, geotécnicos e a amostragem significativa de matéria-prima para a execução de análises químicas sistemáticas) como laboratorial (análises geoquímicas de rocha-total e mineralógicas

pontuais, petrografia entre outros ensaios tecnológicos), permitiram até ao momento projetar, em escala industrial, a produção de $LiOH.H_2O$ a partir dos recursos de lítio concessionados.

A otimização do fluxo de processo transformador do *ROM* para obtenção de $LiOH.H_2O$ passará muito em breve pela condução de testes de processamento mineral/concentração e hidrometalúrgicos em amostras representativas do "Romano" à escala semi-piloto e piloto (de britagem/moagem, flutuação por espumas e de separação gravítica) no Centro de Pesquisa da Metso - Outotec (Pori, Finlândia).Seguir-se-ão os testes respeitantes à transformação dos concentrados petalíticos previamente obtidos para $LiOH.H_2O$ "battery grade". Posteriormente, cerca de 30 toneladas de amostras de aplito-pegmatitos LCT, também representativas do jazigo, são necessárias extrair para a condução de ensaios à escala piloto.

2. Lavaria

2.1. Estudos

A Lusorecursos solicitou à Metso - Outotec a realização e desenvolvidos dos trabalhos de caracterização mineralógica e diversos testes à escala laboratorial, a fim de produzir um concentrado de petalite, a partir da rocha pegmatítica da concessão do "Romano". O programa de trabalho executado, consiste em estudos mineralógicos, testes em escala de bancada, testes de desidratação e estudos de simulação no Centro de Pesquisa da Metso - Outotec. O objetivo principal do trabalho foi o desenvolvimento de um fluxograma viável para os processos.

Os testes realizados foram executados com o minério enviado através dos testemunhos de sondagem em quatro caixas, que perfazem ao todo um peso líquido, de aproximadamente 200 kg. Os testemunhos de rocha foram britados a 100% abaixo de 3,35 mm e divididas em lotes para uso em estudos de caracterização, moagem e flutuação.

2.1.1. Caracterização do minério

2.1.1.1. Caracterização química

Os principais elementos das amostras foram analisados por ICP-OES (espectrômetro de emissão óptica de plasma indutivamente acoplado) após dissolução total. Os elementos de Nb e Ta foram analisados usando ICP-MS (espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado). Os teores de enxofre e carbono foram medidos utilizando um analisador automático Eltra CS-2000.

No Quadro 55, apresenta-se a composição química do minério da concessão do "Romano", que contém 0,99% Li_2O, 14,66% Al_2O_3, 4,35 Na_2O, 2,52% K_2O, 0,64% Fe_2O_3. A referir, existem ainda 500 ppm de Sn, 34 ppm de Nb e 12 ppm de Ta no minério.

Quadro 55 - Composição química do minério da concessão do "Romano". Os valores de massa foram calculados a partir das frações de tamanho de acordo com a distribuição de massa

Elemento	Metódo	Unidade	Calc. Bulk	+106µm	-106µm/+75µm	-75µm/+45µm	-45µm/+20µm	-20µm
Mass		%	100	13.38	16.80	21.82	21.28	26.71
Li_2O	TOT	%	0.99	1.10	1.05	0.99	0.97	0.90
BeO	TOT	%	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
B_2O_3	TOT	%	0.07	<0.005	0.12	0.05	0.02	0.13
Na_2O	TOT	%	4.35	3.88	4.34	4.53	4.56	4.27
MgO	TOT	%	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.07
Al_2O_3	TOT	%	14.66	15.21	15.24	14.47	14.98	13.92
P_2O_5	TOT	%	0.48	0.34	0.37	0.39	0.44	0.73
K_2O	TOT	%	2.52	2.74	2.49	2.48	2.39	2.55
CaO	TOT	%	0.29	0.18	0.20	0.22	0.24	0.50
TiO_2	TOT	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr_2O_3	TOT	%	0.01	0.01	0.01	<0.005	<0.005	0.01
MnO	TOT	%	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.09
Fe_2O_3	TOT	%	0.64	0.67	0.27	0.17	0.24	1.56
Cu	TOT	%	-	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Zn	TOT	%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
As	TOT	%	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sr	TOT	%	-	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.02
Zr	TOT	%	0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.02
Sn	TOT	%	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06
Ba	TOT	%	-	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Pb	TOT	%	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
C	Eltra	%	0.03	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.08
S	Eltra	%	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
LOI	-	%	0.79	0.46	0.44	0.45	0.54	1.66
Nb	ICP-MS	ppm	34	30	30	40	40	30
Ta	ICP-MS	ppm	12	10	10	10	20	10

2.1.1.2. Mineralogia

Para análise mineralógica do minério da concessão do "Romano" foram preparadas secções de resina polida. Essas amostras polidas foram revestidas e com aproximadamente 10 nm foram examinadas para o estudo mineralógico usando um microscópio eletrónico de varredura de emissão de campo JEOL JSM-7000F (SEM) equipado com um espectrômetro dispersivo de energia "Oxford Instruments" (EDS). As análises de imagem e EDS foram realizadas em condições de rotina, utilizando uma tensão de aceleração de 20 kV e corrente de feixe de 1 nA.

O principal mineral de lítio contido no minério é a petalite, que constitui até 21,45% da amostra total. Na rocha pegmatítica, coexistem outros minerais que contém lítio, mas em quantidades muito menores, como exemplos destacam-se a eucryptite, espodumena (até 5%), ambligonite, e cookeite. A petalite é bem liberada em todos os tamanhos de grão; outros minerais de lítio são frequentemente encontrados associados à albite e ao quartzo. A composição da petalite indica que não há ferro presente nas medições de EDS. Além dos minerais de lítio, os principais constituintes do minério (rocha pegmatítica) são feldspato potássico, plagioclase, quartzo e moscovite.

Analisando algumas relações mineralógicas e petrológicas, refere-se que dentro da petalite, nenhum ferro foi detetado durante a análise de EDS. A petalite é encontrada geralmente como grosseira e euédrica. A espodumena, quando encontrada, é semelhante nas características relativamente à petalite. Quanto aos outros minerais de lítio, a eucryptite e cookeite são encontradas principalmente como grãos finos e contêm pequenas quantidades de ferro.

Como demostra o quadro abaixo, outros minerais de potencial interesse económico, tais como minério de estanho na cassiterite (0,07%) e columbo-tantalite (0,002%), estão presentes nas rochas pegmatíticas, embora em pequenas proporções. A columbo-tantalite aparece em quantidades muito pequenas nas frações mais finas. A cassiterite é facilmente percetível pelas suas características distintivas. A columbo-tantalite é vista principalmente como pequenas inclusões em hospedeiros de partículas de silicatos maiores.

Como principais minerais, a albite destaca-se como o principal mineral do minério da concessão do "Romano" com 39,64%, o quartzo constitui 19,42% da amostra e o feldspato potássico com 9,07%. Estão ainda presentes, micas, mais precisamente moscovite e biotite. Por último, realça-se também a frequente presença de apatite. No Quadro 56 representa-se, de forma geral, a composição mineralógica do minério da concessão do "Romano".

Quadro 56 - Composição mineralógica do minério do "Romano" de rocha-total e por fração granulométrica

Minerais (wt.%)	Bulk	+106µm	-106µm/+75µm	-75µm/+45µm	-45µm/+20µm	-20µm
Mass %	100	13.38	16.80	21.82	21.28	26.71
Petalite (est.)	16.5-21.5	19-24	18-23	17-22	16-21	15-20
Eucryptite	0.11	0.07	0.11	0.17	0.19	0.04
Espodumena (est.)	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5
Ambligonite	0.27	0.28	0.23	0.24	0.45	0.16
Cookeite	0.04	0.03	0.03	0.04	0.10	0.02
Tantalite	0.002	-	0.001	0.001	0.003	0.001
Cassiterite	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
Feldspato potássico	9.07	9.91	9.43	9.50	9.03	8.11
Moscovite	6.15	6.72	6.39	6.44	6.12	5.50
Apatite	1.13	0.81	0.86	0.916	1.024	1.725
Quartzo	19.42	20.03	19.15	19.08	19.72	19.33
Albite	39.64	35.39	39.57	41.29	41.54	38.94
Biotite	2.56	2.67	1.09	0.69	0.97	6.23

De seguida, apresenta-se a distribuição de minerais de interesse, mais precisamente os minérios de lítio, estanho e nióbio-tântalo, representados no Quadro 57 e Figura 177. Quase todos os minerais são distribuídos ao longo da massa da amostra, com exceção para a columbo-tantalite, que não é encontrada na fração mais grossa e é enriquecida na fração - 45 / + 20 µm.

Quadro 57 - Distribuição dos principais minerais do minério do "Romano" por fração granulométrica

Distribuição mineral Por granulometria, -%	+106µm	-106µm/+75µm	-75µm/+45µm	- 45µm/+20µm	- 20µm
Mass %	13.38	16.80	21.82	21.28	26.71
Petalite	14.98	18.05	21.81	20.54	24.61
Eucryptite	7.83	15.98	32.14	35.16	8.89
Espodumena	3.95	7.56	31.19	23.65	33.65
Ambligonite	13.89	14.34	19.84	35.65	16.28
Cookeite	7.98	10.18	18.91	47.81	15.12
Col-Tan	-	15.57	20.22	39.45	24.76
Cassiterite	12.78	15.73	23.28	20.71	27.50

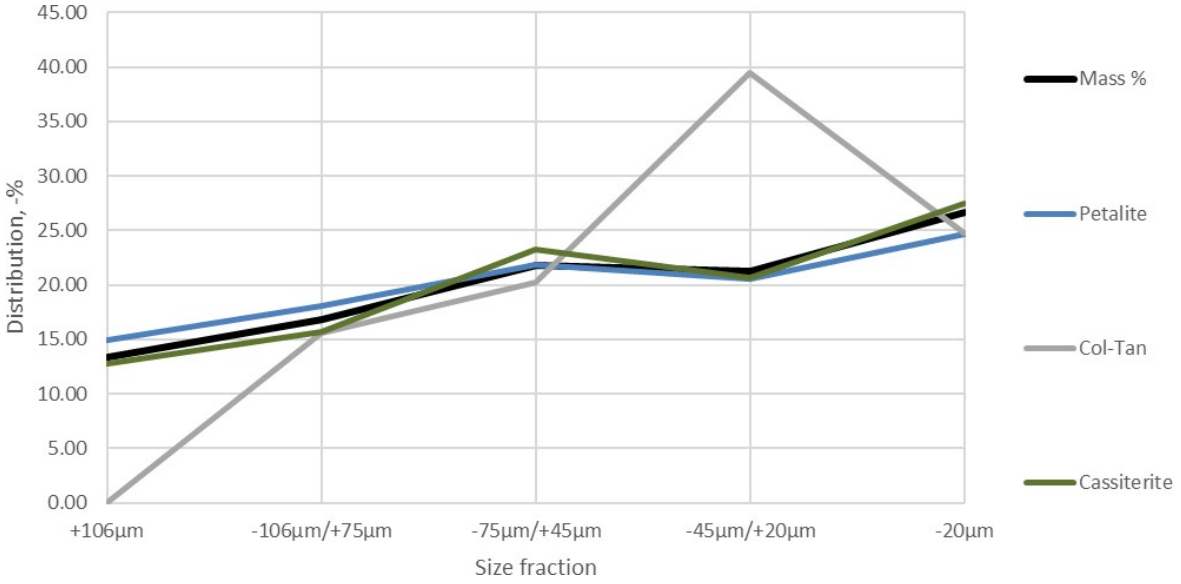


Figura 177 - Distribuição dos principais minerais do minério do "Romano" por fração granulométrica

O Quadro 58 mostra a distribuição do lítio nos minerais que têm na sua estrutura mineral o elemento de interesse. Como se pode verificar, a petalite é o mineral com maior representatividade no que concerne ao lítio dentro do minério.

Quadro 58 - Distribuição de lítio nos minerais de lítio do minério do "Romano"

Distribuição de Lítio	Calc. Bulk	+106µm	-106µm/+75µm	-75µm/+45µm	-45µm/+20µm	-20µm
Petalite	97.66	98.38	98.29	97.40	96.15	98.33
Eucryptite	0.51	0.27	0.46	0.75	0.86	0.19
Espodumena	0.42	0.11	0.17	0.58	0.46	0.56
Ambligonite	1.21	1.13	0.97	1.10	2.07	0.81
Cookeite	0.20	0.11	0.11	0.17	0.46	0.12

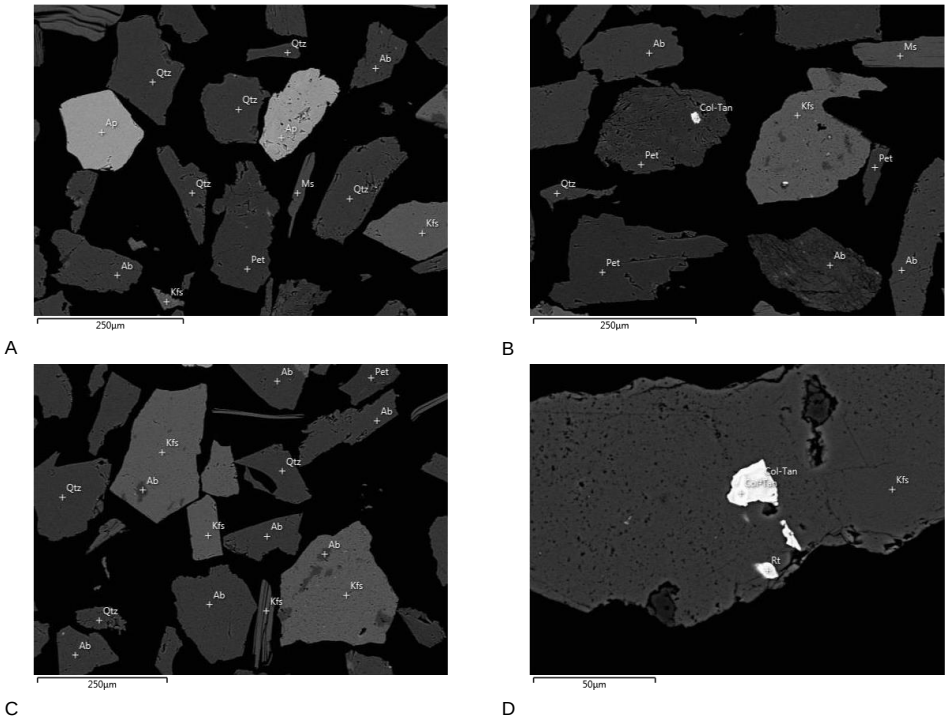


Figura 178 - Visão geral do minério do "Romano". Os minerais são geralmente grosseiros e bem libertados. A columbo-tantalite pode ser vista nas Figuras B e D como inclusões dentro de hospedeiros de minerais silicatados

2.1.1.3. Distribuição granulométrica das partículas

As amostras foram peneiradas via húmida, fazendo uso de peneiros num intervalo de 106 µm a 20 µm. A distribuição do tamanho das partículas é demostrada na Figura 179, assim como, no Quadro 59. O P80 do minério é 93,3 µm, e o P50 é 47,6 µm.

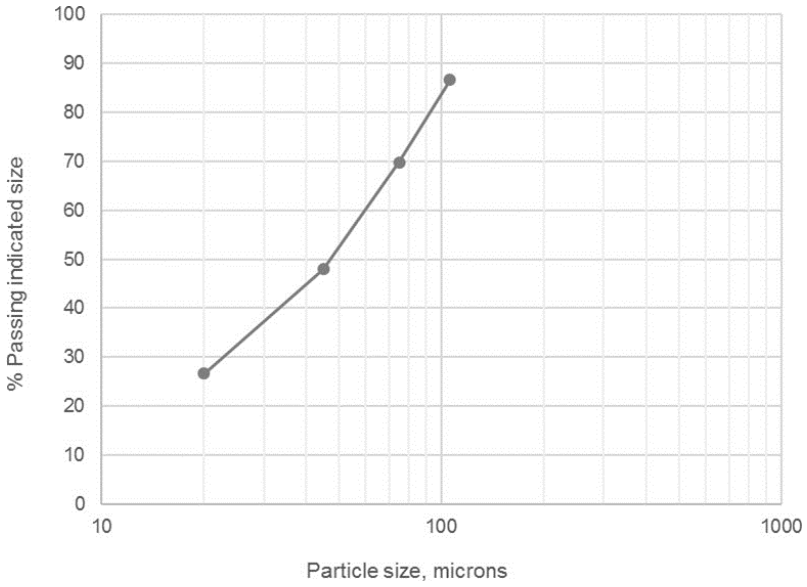


Figura 179 - Distribuição granulométrica do minério da concessão do "Romano"

Quadro 59 - Distribuição granulométrica do minério da concessão do "Romano"

Peneiro	Peso retido		Acumulado
µm	g	%	%
106	15.42	13.38	86.62
75	19.36	16.80	69.81
45	25.14	21.82	48.00
20	24.52	21.28	26.71
-20	30.78	26.71	
Somatório	115.22	100	

Na distribuição do minério, a massa encontra-se bem distribuída entre as classes granulométricas em estudo. Na distribuição granulométrica, em representação de alguns elementos de interesse em estudo, a grande exceção é sobretudo o ferro, que está esgotado em comparação com a massa nas partículas que variam de 106-20 µm. A maior parte do ferro na amostra é encontrada nos finos abaixo de -20 µm, como se pode verificar pela Figura 180.

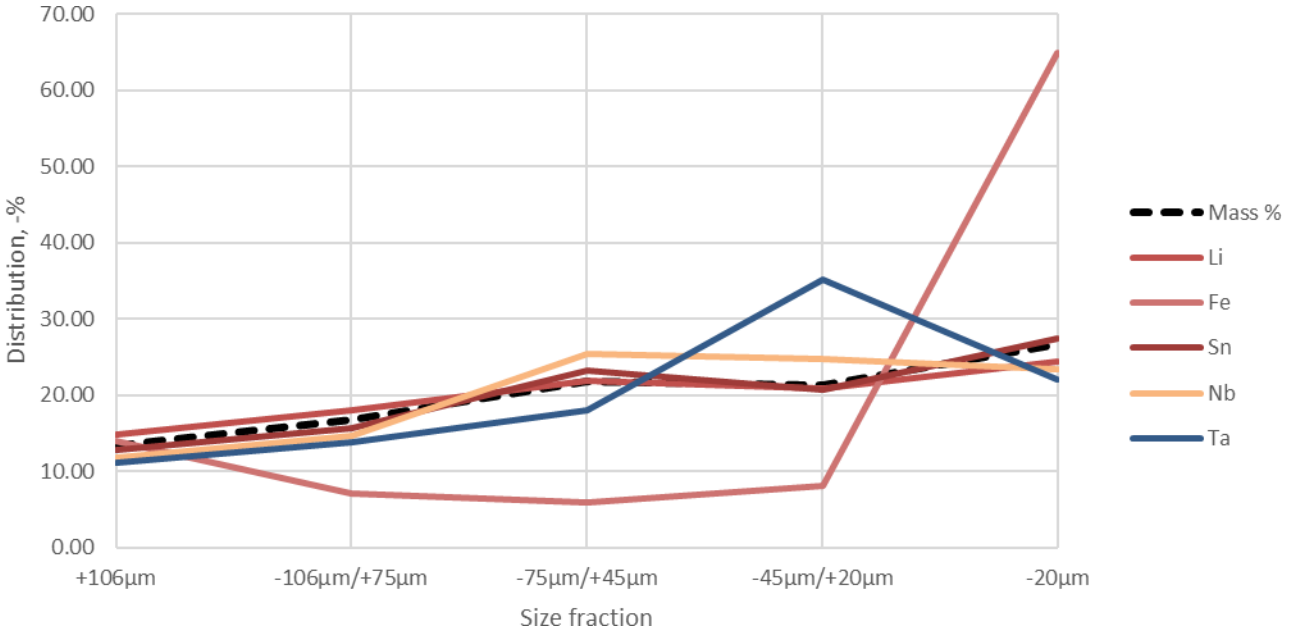


Figura 180 - A distribuição dos elementos principais entre as frações granulométricas no minério da concessão do "Romano"

2.1.1.4. Libertação mineral

Os testes de liberação mineral foram realizados nas amostras nas diversas frações granulométricas. As frações granulométricas utilizadas durante os testes foram +106 µm, +75 µm, +45 µm, +20 µm e -20 µm. Os principais minerais direcionados para a análise de libertação são a petalite, outros minerais contendo Li, cassiterite e columbo-tantalite.

No minério, a libertação de petalite é de 95,5% no total. A libertação por fração granulométrica é apresentada no Quadro 60 e nas seguintes figuras. A libertação geral de petalite é extremamente boa e quase uniforme entre todas as frações granulométricas. Quando encontrado em partículas com outros minerais, é geralmente em feldspato potássico ou quartzo.

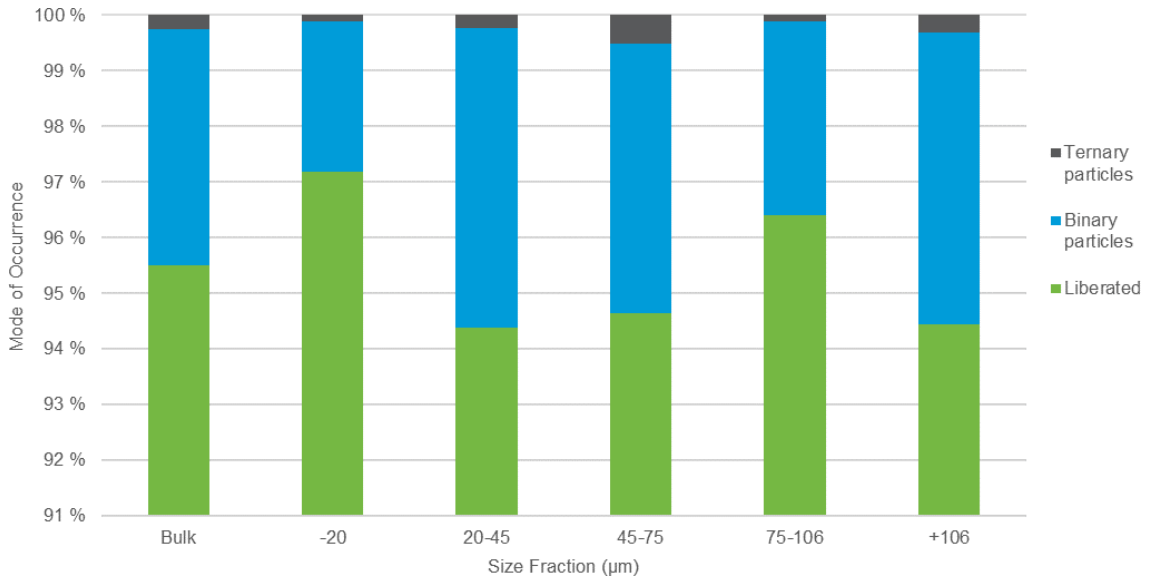


Figura 181 - Volume de petalite libertada e as partículas binárias e ternárias contendo petalite

Quadro 60 - Modo de ocorrência da petalite no minério do "Romano"

Petalite – Modo de ocorrência						
Tamanho partículas (µm)	**Bulk**	**-20**	**20-45**	**45-75**	**75-106**	**106**
Libertação (wt. %)	95.5	97.21	94.41	94.65	96.41	94.36
% em partículas binárias com minerais						
Albite	0.37	0.27	0.53	0.22	0.11	0.88
Quartzo	1.89	1.13	2.25	2.54	1.55	2.11
Feldspato potássico	1.04	0.47	0.94	1.35	0.99	1.74
Moscovite	0.69	0.63	1.26	0.38	0.65	0.52
Minerais de Li	0.2	0.19	0.37	0.32	0.06	0
Apatite	0.04	0.01	0.02	0.04	0.12	0
% em partículas ternárias ou mais complexas com minerais						
Albite	0.05	0.04	0.08	0.06	0	0.08
Quartzo	0.06	0.04	0.08	0.14	0	0
Feldspato potássico	0.04	0	0	0.05	0.04	0.13
Moscovite	0.06	0.03	0.06	0.14	0.03	0.06
Minerais de Li	0.02	0.01	0.02	0.07	0	0
Apatite	0.02	0	0	0.05	0.04	0.04
Mais complexos	0.01	0	0	0	0	0.06

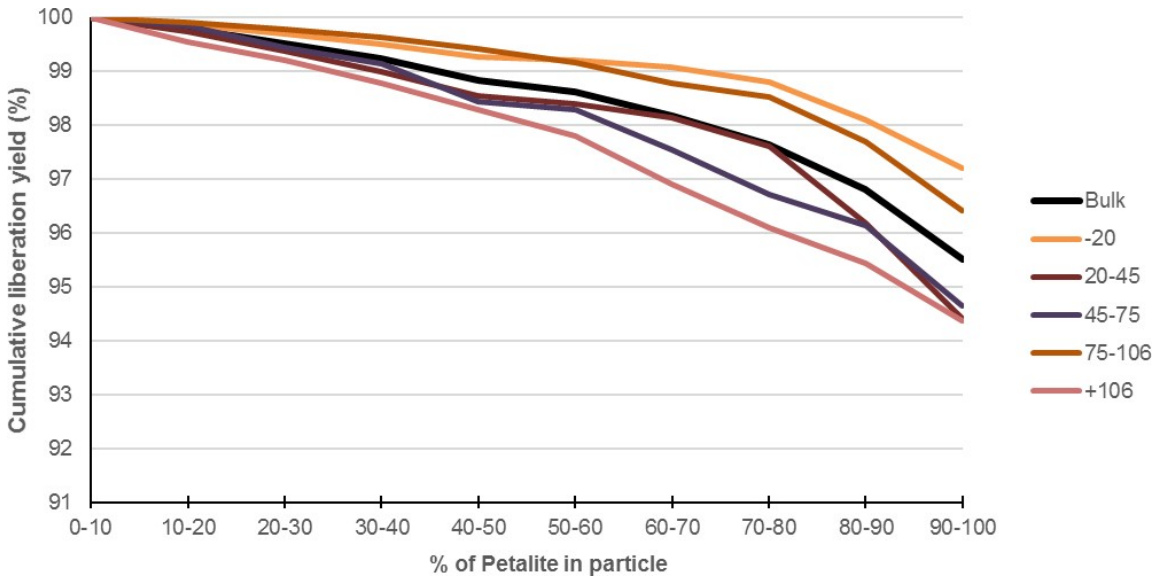


Figura 182 - Rendimento de libertação cumulativa da petalite dentro do minério

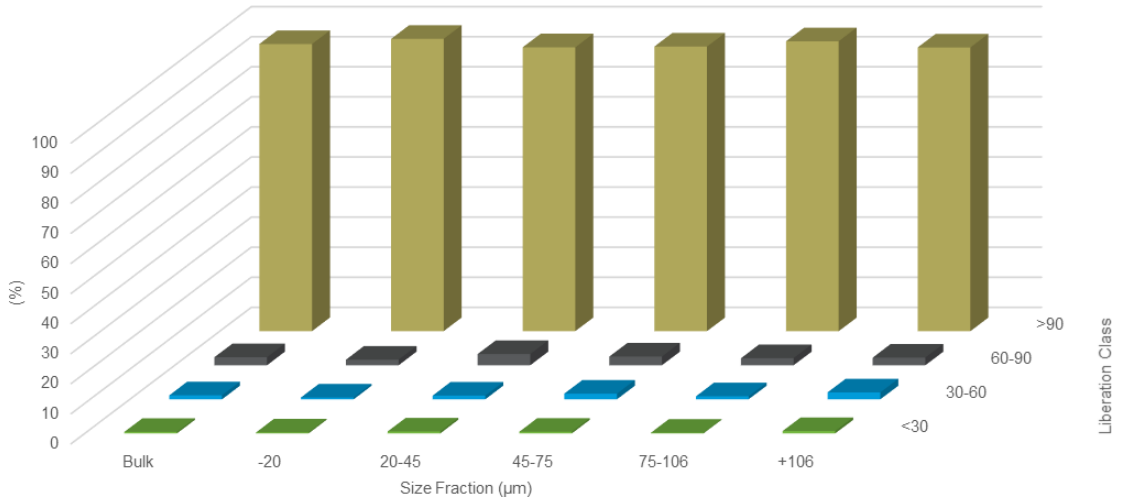


Figura 183 - Distribuição da petalite por granulometria e classe de libertação no minério

Adicionalmente, a cassiterite ocorre principalmente como bem libertada (90,92% do total). Quando não libertada, é normalmente associada ao quartzo e à albite. Toda a cassiterite abaixo de 75 µm é libertada. Por outro lado, a columbo-tantalite é pouco libertada em geral e normalmente aparece como inclusões dentro dos silicatos.

2.1.2. Testes de flutuação

2.1.2.1. Moagem

Os testes de moagem do minério foram feitos em um moinho de barras “rod mill” de 20x30 cm com 9 mil barras de aço e com teor de sólidos de 65%. Os resultados dos testes de moagem são mostrados na Figura 184 (esquerda: tempo de moagem vs. P80 e direita: distribuições de tamanho de partículas). Os testes de moagem foram realizados com tempos de moagem de 25, 35 e 45 minutos e os resultados determinaram os tempos de moagem necessários para vários parâmetros de teste.

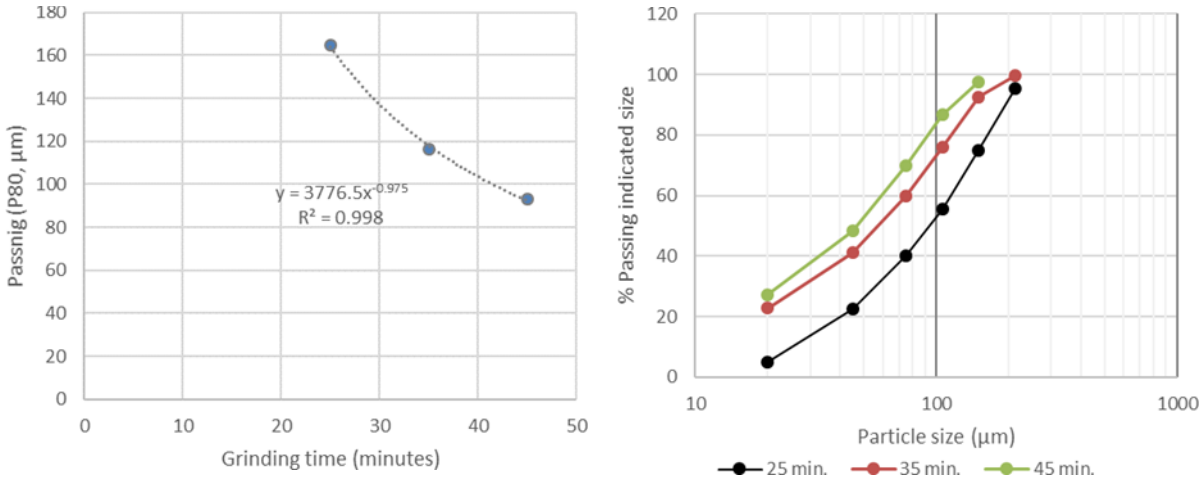


Figura 184 - Esquerda: Curva de moagem - relação do tempo de moagem com P80. À direita: distribuições de tamanho de partícula dos diferentes tempos de moagem

2.1.2.2. Testes de flutuação

Os testes de laboratório em sequência/cíclicos (*batch tests*) foram conduzidos com o recurso a uma máquina de flutuação Outotec-GTK LabCell ™, que é ilustrada na Figura 185. O LabCell ™ é equipado com raspadores de espuma automáticos para mitigar variações potenciais nos testes. Os resultados do teste de ciclo mais áspero, mais limpo e bloqueado são dados nas próximas três subseções e os fluxogramas de teste completos podem ser vistos mais à frente nos últimos subcapítulos dos testes de flutuação. Os reagentes utilizados nos testes de flutuação apresentam-se no Quadro 61. Os produtos dos testes de flutuação foram testados para Li_2O, Fe_2O_3, K_2O, MgO e Na_2O.

Figura 185 - Máquina de flutuação Outotec-GTK LabCell ™ usada nos testes

Quadro 61 - Reagentes utilizados no trabalho laboratorial de lavaria

Reagente	Tipologia	Função
MIBC	Alcohol-based frother	Coletor
Flotigam EDA	Alkyl ether amine	Coletor
Flotigam K2C	Quaternary ammonium chloride	Coletor
PEG	Poly(ethylene glycol) monooleate	Coletor
Custamine E130	Tallow amine acetate and Alcochol Blend	Coletor
Flotanol D14	Polypropylene glycol methyl ether	Espumante
Flotanol D25	Ether polyalkylene glycol	Espumanter
HF	Acid	Depressor
Zeopol 25	Sodium silicate SiO2/Na2O	Depressor
$(Al_2(SO_4)_3)$ 1%	Aluminum sulfate	Depressor
Entschäumer 7800	-	Anti-espumante

Um breve resumo das descrições de teste é apresentado no Quadro 62. Uma variedade de parâmetros de teste e fluxogramas foram testados para produzir concentrados de petalite de alto teor com a melhor recuperação possível. As principais variáveis testadas foram granulometria de moagem, reagentes, teor de sólidos, salinidade, estágios de flutuação da petalite e separação magnética.

Quadro 62 - Resumo síntese dos testes realizados dentro do programa estabelecido

Nº teste	Tipo Teste	Peso amostra (kg)	P80 (µm)	Breve resumo das condições de teste
1	Rougher	1.8	100	Desliming, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2, HF, K2C, D14)
2	Rougher	1.8	100	Desliming, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2, HF, PEG & K2C [30%:70%], D14)
3	Rougher	1.8	100	Desliming, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2, HF, PEG & K2C [30%:70%])
4	Rougher	1.8	100	Desliming, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2, HF, PEG & K2C [30%:70%], D14)
5	Rougher	1.8	100	Desliming, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2, HF, PEG & K2C [30%:70%], D14, Spodumene flot. (pH 9, 5806, D25)
6	Rougher	1.8	140	Desliming, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2, HF, PEG & K2C [30%:70%], D14, Silicagel)
7	Rougher	1.8	140	Desliming, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2, HF, PEG & K2C [30%:70%], D14, Entschäumer 7800)
8	Rougher	0.9	140	Desliming, Mag. Separation, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2.5, HF, PEG & K2C [30%:70%])
9	Rougher	0.9	140	Desliming, Mag. Separation, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 3., HF, PEG & K2C [30%:70%])
10	Rougher	1.8	140	Desliming, Mag. Separation, Mica flot. (pH: 2.5, EDA), Petalite flot (5% NaCl/5% KCl, pH: 2, HF, Custamine E130)
Cl Kinetics	Cleaner	0.9	140	Cleaner kinetics test
1	Cleaner	19	140	Five cleaning stages, Addition of collection in 1st cleaner
3	Cleaner	1.8	140	3 feldspar cleaning stages, 3 quartz cleaning stages
4	Cleaner	1.8	140	3 feldspar cleaning stages, 3 quartz cleaning stages, less collector in cleaners
5	Cleaner	1.8	140	2 feldspar cleaning stages, 3 quartz cleaning stages, less collector in cleaners
6	Cleaner	0.9	140	2 feldspar cleaning stages, 2 quartz cleaning stages
7	Cleaner	0.9	140	2 feldspar cleaning stages, 2 quartz cleaning stages, higher salinity - (10% NaCl/10% KCl)
8	Cleaner	1.8	75	2 feldspar cleaning stages, 2 quartz cleaning stages, higher salinity - (10% NaCl/10% KCl), fine grinding
9	Cleaner	1.8	50	2 feldspar cleaning stages, 2 quartz cleaning stages, higher salinity - (10% NaCl/10% KCl), even finer grinding
10	Cleaner	0.9	140	3 feldspar cleaning stages, 2 quartz cleaning stages, higher salinity - (10% NaCl/10% KCl), addition of scavenger cleaner. Used for verification of locked cycle test flowsheet

2.1.2.2.1. Rougher tests

Foram executados durante o programa de teste, um total de 10 testes “rougher”. Todos os testes do trabalho apresentam uma fase de flutuação de micas que consiste em uma fase de “rougher” e “scavenger”. Na flutuação de micas, são adicionados ao condicionador MIBC e EDA e novamente antes do estapa de eliminação. A flutuação de micas é realizada a um pH de 2,5, que foi modificado com HCl (ácido clorídrico). Após a etapa de flutuação de micas, o material é então filtrado por pressão, despolpado e filtrado novamente antes do condicionamento da petalite.

Os primeiros quatro testes em células “rougher” foram feitos com fluxogramas semelhantes. A Figura 186 ilustra o fluxograma mostrado usado para os Testes 1 e 2. A Figura 187 mostra o fluxograma usado para o teste 3 e a Figura 188 mostra o fluxograma usado para o teste 4. Os testes 1-4 apresentam um tamanho de moagem de P80 de 100 µm, que foi alcançado após 41,5 minutos de moagem. A dessalinização é feita nos Testes 1,2 e 4 via hidrociclone após a moagem, mas no Teste 3 a hidrociclonagem foi realizada após a etapa de flutuação de micas.

Os principais objetivos dos primeiros 4 testes foram testar diferentes combinações de coletores, intensidades e determinar o efeito da adição sequencial. O teste 4 também utiliza uma quinta célula “rougher”. Nos testes 1-4, a petalite é condicionada e flutuada em uma solução de salmoura que consiste em 5% de NaCl e 5% de KCl a um pH de 2,0. HF foi adicionado ao condicionador que aumenta a seletividade da petalite contra outros minerais silicatados.

O teste 1 usou K2C e D14, mas mostrou pouca seletividade e também não se registou um aumento significativo no teor de petalite (1,12% Li_2O). O teste 2 usou K2C e PEG em uma proporção de 70:30 e D14 como um espumante, resultando em um teor final de 1,25% Li_2O. Nos primeiros 2 testes, a espuma estava pegajosa e parecia transbordar da célula entre as raspagens.

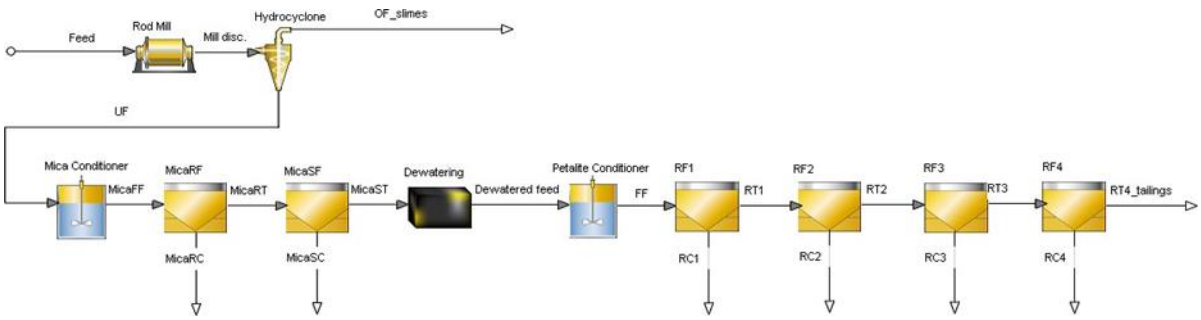


Figura 186 - Flowsheet usado para os testes 1 e 2

O teste 3 apresentou deslamagem após a fase de flutuação de micas e nenhum espumante foi adicionado para reduzir a pegajosidade da espuma, representado na figura abaixo. No entanto, apesar das mudanças, o teor final (1,21% Li_2O) foi semelhante ao teste 2.

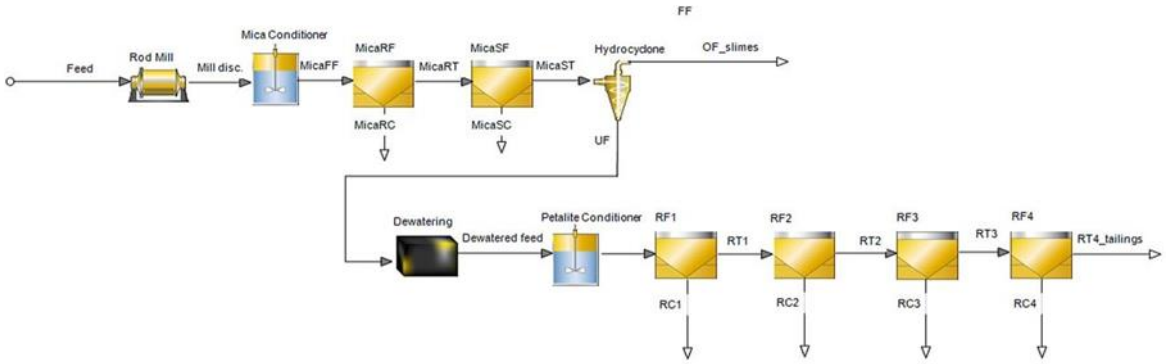


Figura 187 - Flowsheet usado para o teste Rougher **3**

O teste 4 adicionou uma quinta célula "rougher" ao teste e adições sequenciais de K2C e PEG foram adicionadas a cada célula. Foram ainda adicionados D14 e HF ao condicionador de petalite e o quinto "rougher" também recebeu adição de HF. O pH foi mantido constante ao longo do teste a 2,0 e foi modificado com HCl. Embora o Teste 4 tenha tido a melhor recuperação dos testes (mais de 77%), o teor final foi apenas ligeiramente enriquecido para um total de 1,14% de Li_2O. Os resultados completos dos testes 1-4 são demostrados na Figura 189.

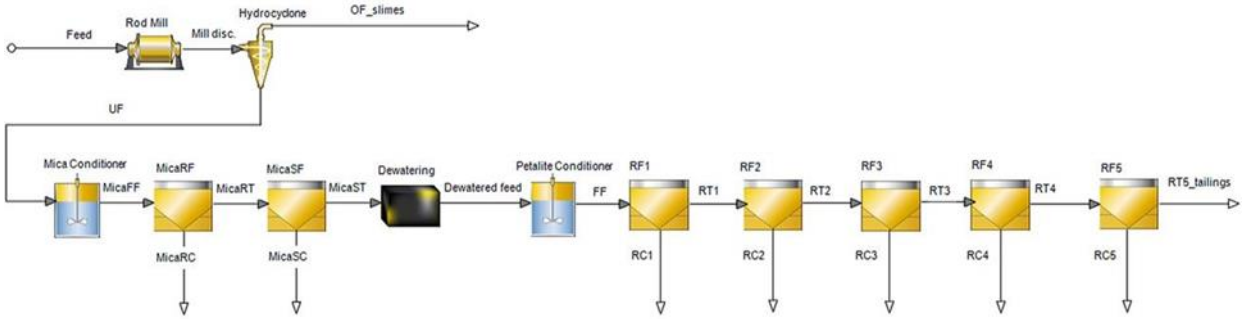


Figura 188 - Flowsheet usado para o teste Rougher 4

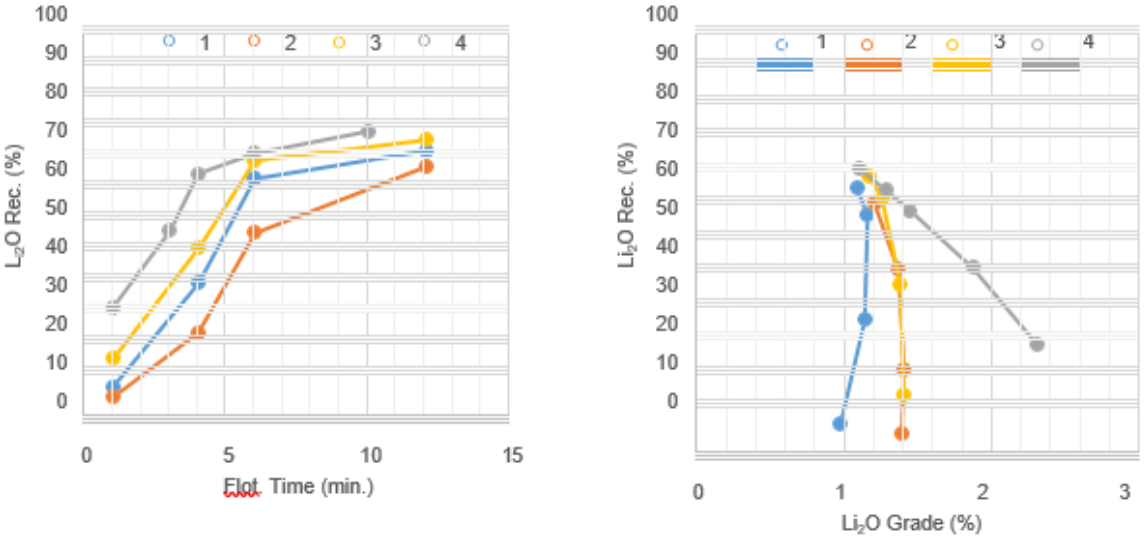


Figura 189 - Recuperação cumulativa combinada e relação de recuperação de teor de Li_2O nos testes 1-4

Os primeiros quatro testes não melhoraram muito o teor do concentrado de petalite devido à baixa seletividade da petalite e da existência de outros minerais silicatados no minério. Além disso, a espuma não parecia estável porque estava a produzir bastante e ao mesmo tempo pegajosa. Em seguida, no teste 5 (Figura 190), foi intencionado flutuar a espodumena também em numa etapa de flutuação separada, visto que, sabe-se que existe uma certa quantidade de espodumena no minério a partir do estudo mineralógico feito anteriormente.

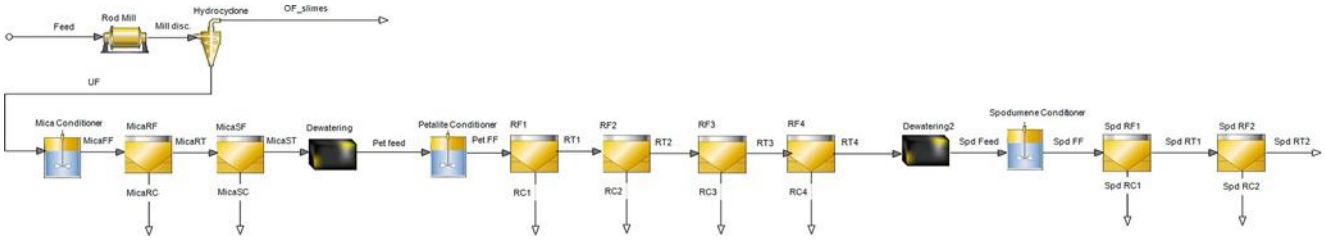


Figura 190 - Flowsheet usado para o teste Rougher 5

Durante a execução do teste 5, petalite e espodumena foram flutuados em duas etapas diferentes. A petalite foi flutuada primeiro e resultou em um concentrado de 1,51% de Li_2O com 68,7% de recuperação. Os resultados promissores foram obtidos usando muito menos coletor do que em testes anteriores e deu a indicação de que menos coletor será necessário na etapa de flutuação de petalite para obter recuperações semelhantes em um teor mais elevado. O concentrado de espodumena foi produzido após a flutuação da petalite em água doce. O concentrado de espodumena resultante era 1,01% Li_2O com 7% de recuperação. Esses números combinados com a

necessidade de a petalite frequentemente ser um concentrado puro e as diferentes necessidades de água de cada estágio não justificam a etapa de flutuação adicional para espodumena (Figura 191).

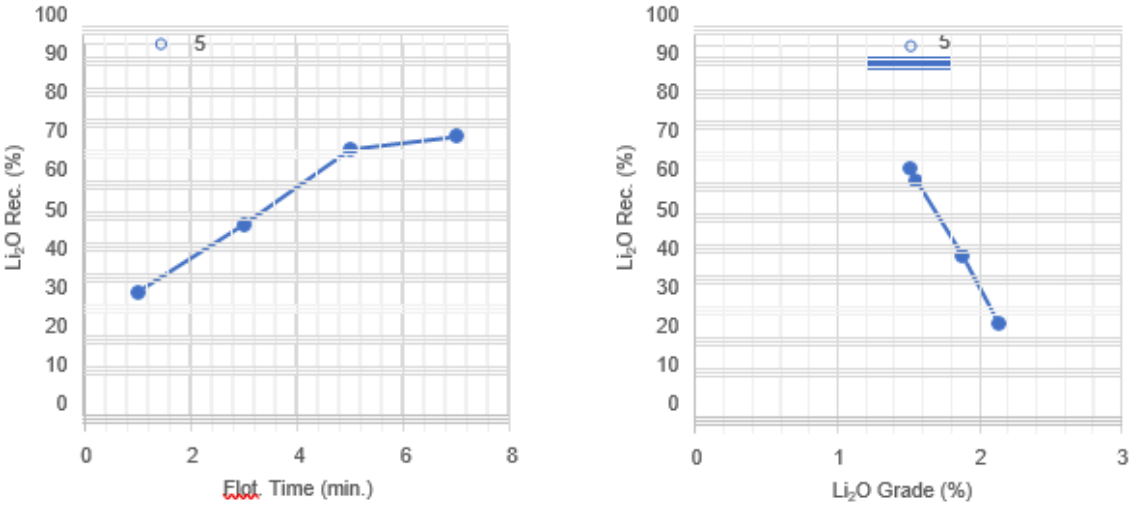


Figura 191 - Recuperação cumulativa combinada e relação de recuperação de teor de Li2O dentro do estágio de flutuação de petalite no Teste 5

Os testes 6 e 7 usaram o mesmo fluxograma dos testes 1 e 2, mas tiveram mudanças nas adições de reagentes e a granulometria da moagem aumentou para P80 = 140 µm. Primeiramente, as adições de PEG e K2C foram semelhantes às do teste 5, mas reagentes adicionais foram usados em cada teste para aumentar a seletividade e reduzir a instabilidade da espuma. Sílica gel, que é uma mistura de Zeopol 25 e (Al_2 (SO_4) $_3$), foi adicionada ao condicionador no teste 6. No teste 7, um agente antiespumante foi adicionado ao condicionador, mas não pareceu ter nenhum efeito pretendido. O teste 6 alcançou apenas um teor de 1,28% de Li_2O com recuperação de 65,8% e o teste 7 produziu um concentrado de petalite de 1,41% de Li_2O com recuperação de 67,3%. Os resultados podem ser vistos na Figura 192 e mostram resultados semelhantes ao teste 5.

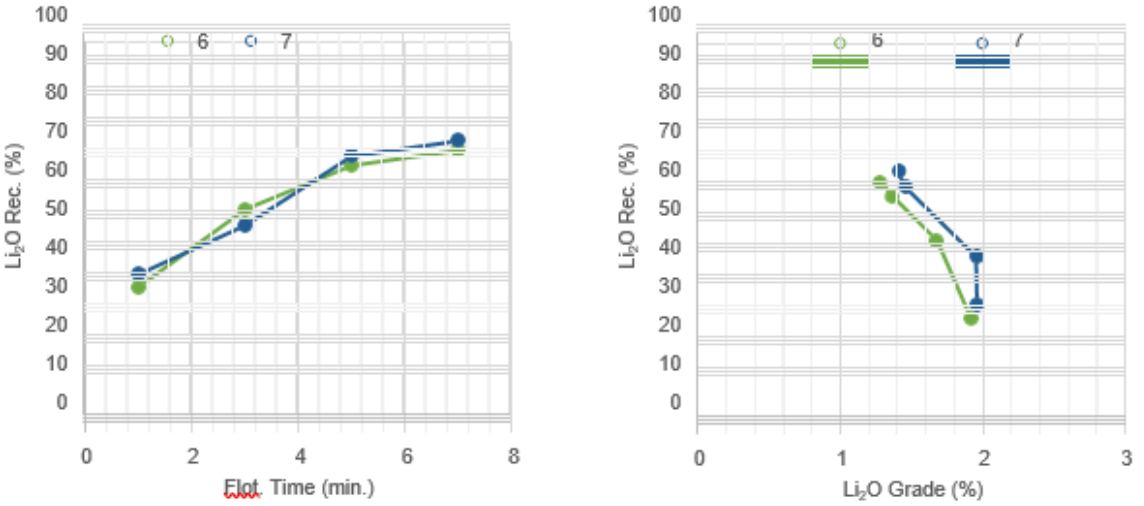


Figura 192 - Recuperação cumulativa combinada e relação teor-recuperação de Li2O nos testes 6-7

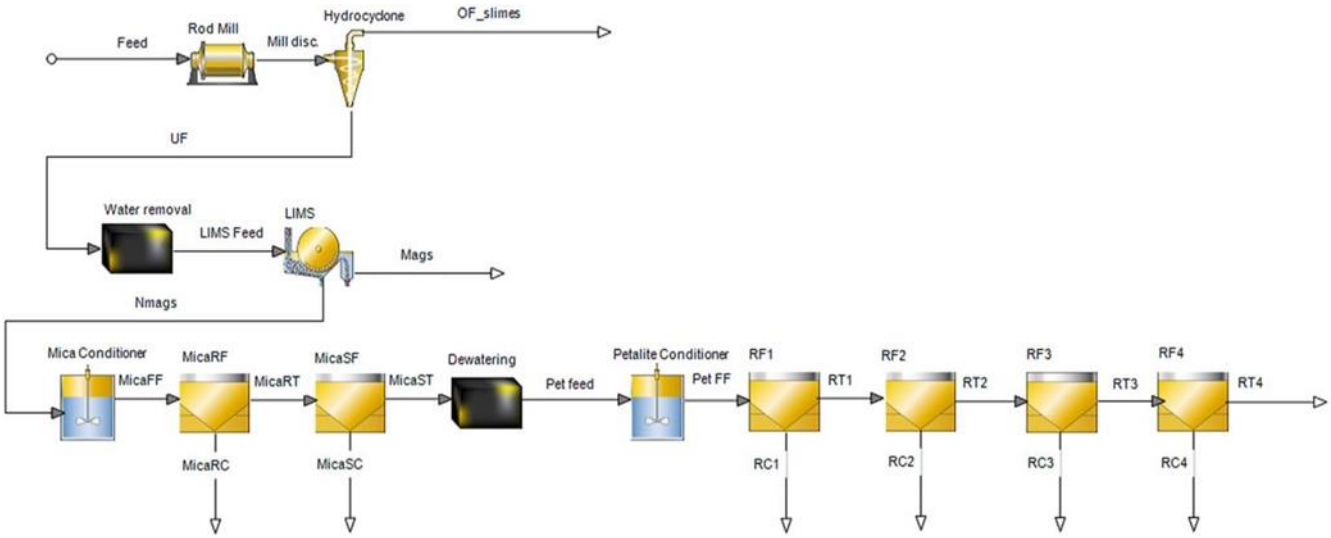


Figura 193 - Flowsheet usado nos testes Rougher 8-10

Os testes 8 e 9 tiveram condições de teste semelhantes entre si. A separação magnética de baixa intensidade foi incluída no fluxograma devido ao facto de uma pequena quantidade dos meios de moagem que estavam a contaminar a amostra, o que pode ter um efeito prejudicial à adsorção do coletor. Além disso, o material sólido foi reduzido para metade em cada teste (0,9 kg), resultando em um teor de sólidos de 19,5% w/w. Caso contrário, a principal diferença foi a quantidade de coletor adicionada entre os testes; O teste 8 teve um total de 600 g/t de K2C e PEG, enquanto o teste 9 teve um total de 700 g/t. Um dos pontos principais do teste 8 e 9 é que nenhum espumante foi usado e, subsequentemente, a espuma ficou mais estável e menos pegajosa. Os resultados dos testes 8 e 9 são mostrados na Figura 194.

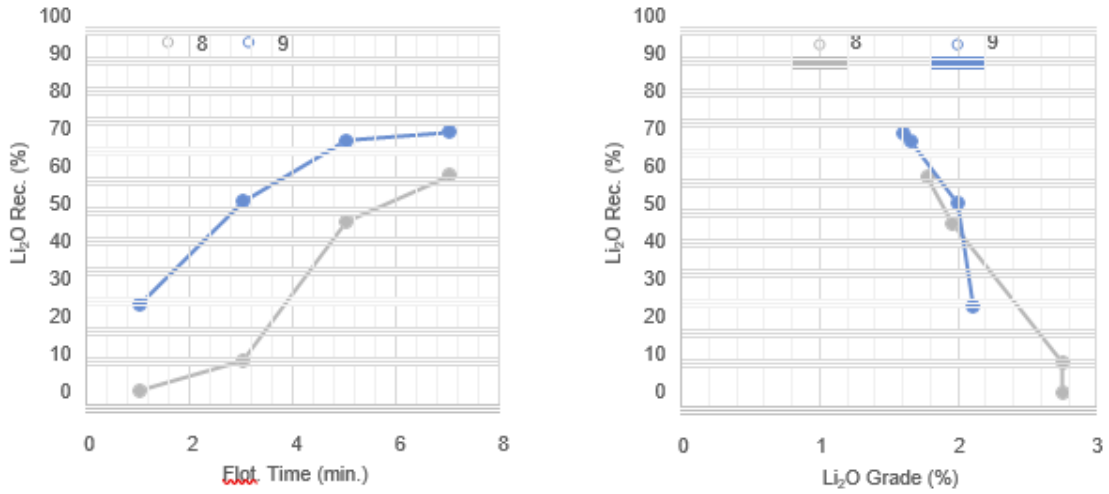


Figura 194 - Recuperação cumulativa combinada e relação teor-recuperação de Li_2O nos testes 8-9

O teste 10 foi conduzido para averiguar o efeito de um coletor de amina (Custamina E130) e foi realizado utilizando as mesmas condições dos testes 8 e 9, mas com o tamanho de lote completo de 1,8 kg. No entanto, os resultados não foram promissores em comparação com o teste anterior, seja em termos de teor ou seletividade. Os resultados completos dos testes 1-10 podem ser vistos na Figura 195 e um resumo dos resultados do teste é mostrado no Quadro 63. Após o teste 10, iniciaram-se os testes "Cleaner", pois não havia outras opções de coletores disponíveis para usar nos testes e a adição de maiores quantidades de K2C e PEG pareciam reduzir a eficácia.

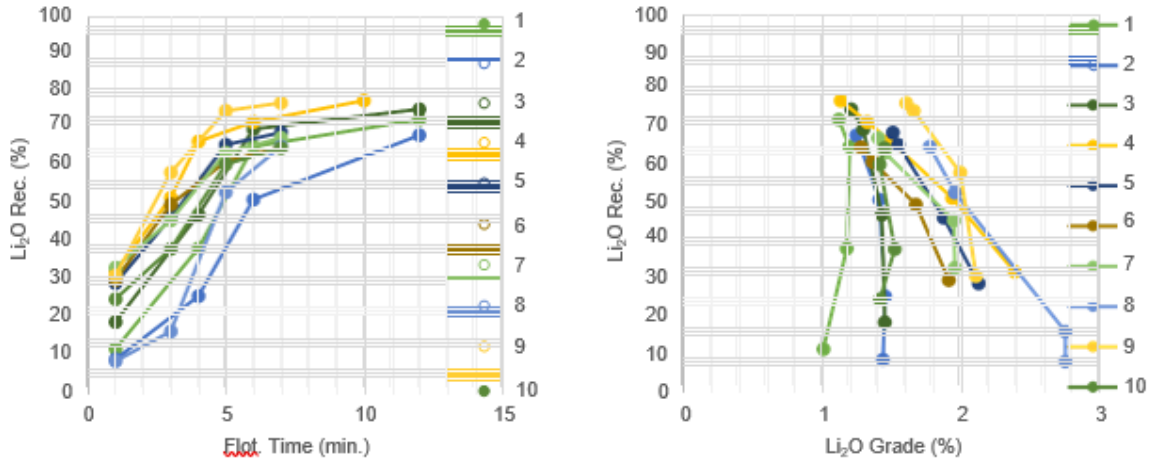


Figura 195 - Recuperação cumulativa combinada e relação de recuperação de teor de Li2O nos testes 1-10

Quadro 63 - Resumo dos resultados dos testes de Rougher 1-10

Streams	Test1		Test2		Test3		Test4		Test5	
	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %
OF	0.9	13.9	0.9	14.1	0.84	11.1	0.86	10.4	0.86	7.9
Mica RC	0.69	4.1	0.82	5.2	0.81	1.2	0.78	1.9	1.05	3.1
Mica SC	1.1	1.3	1.49	1.7	0.83	1.9	1.03	3.4	0.97	1.1
RC1	1.01	11.2	1.44	8.5	1.46	18.4	2.39	31.8	2.13	28.7
RC1+RC2	1.18	37.9	1.46	25.2	1.43	46.9	1.94	51.4	1.88	46.1
RC1+RC2+RC3	1.20	65	1.42	50.9	1.3	69.6	1.50	66.3	1.55	65.4
RC1+RC2+RC3+RC4	1.12	72.1	1.25	68	1.21	74.9	1.33	71.5	1.51	68.7
RC1+RC2+RC3+RC4+RC5							1.14	77.2		

Streams	Test6		Test7		Test8		Test9		Test10	
	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec%	Li_2O %	Rec%
OF	0.82	9.1	0.82	7.7	0.94	7.9	0.94	6.4	0.84	6.7
Mica RC	0.82	3.0	0.9	3.1	0.84	1.6	0.82	1.6	0.84	3.4
Mica SC	0.95	3.9	0.88	3.3	0.75	2	0.73	1.8	0.87	3.1
RC1	1.92	29.5	1.96	32.8	-	-	2.11	30.7	1.42	24.5
RC1+RC2	1.68	49.6	1.95	45.4	2.76	15.9	2.00	58.1	1.53	37.8
RC1+RC2+RC3	1.37	61.0	1.45	63.3	1.96	52.9	1.66	74.5	1.42	60.2
RC1+RC2+RC3+RC4	1.28	64.8	1.41	67.3	1.78	64.9	1.61	76.6	1.45	64.6

2.1.2.2.2. Cleaner tests

Os “Cleaner tests”, são etapas de limpeza posteriores aos processos de flutuação. O teste “cleaner” 1 usou um fluxograma semelhante aos últimos testes “rougher” e usou 5 etapas de “cleaner” (Figura 196). Nesta primeira etapa de limpeza, foram adicionados100 g/t de K2C:PEG. O concentrado final produzido resultou em 3,19% de Li_2O com recuperação de 35%. Embora as etapas “cleaner” estivessem a produzir um concentrado melhor, as perdas eram altas entre cada etapa de limpeza.

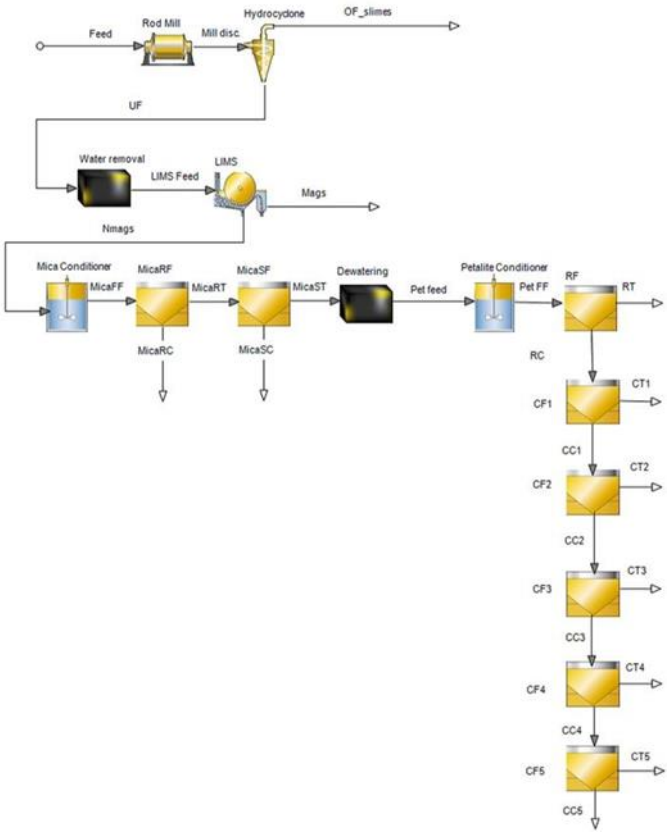


Figura 196 - Flowsheet usado no teste Cleaner 1

O teste “cleaner” 2 foi ignorado porque havia um problema de laboratório. O teste foi então repetido como teste “cleaner” 3, que separou a limpeza em duas etapas. Além disso, devido à baixa recuperação do teste “cleaner” 1, foi determinada a adicionação de mais coletor à etapa “rougher” para maximizar a recuperação. No entanto, a espuma logo se tornou instável e transbordou. A recuperação no “rougher” foi de 71,5%, mas o teor de concentrado foi bastante baixo.

A limpeza do feldspato foi realizada em três etapas, posteriormente filtrada e realizada a limpeza do quartzo com água da torneira. A etapa de limpeza do feldspato incluiu a adição sequencial do coletor no 1ª e 2ª “cleaners”. No 4º ao 6º “cleaner”, HF foi adicionado a cada etapa e 80 g/t de Flotigam 5803 foi adicionado ao 4º “cleaner”. O concentrado final do teste 3 teve um teor de Li_2O 2,58% com recuperação de 43,9%. Em comparação com o teste anterior, a recuperação melhorou ligeiramente, mas o teor diminuiu significativamente no concentrado final. O fluxograma do teste 3 representa-se na Figura 197.

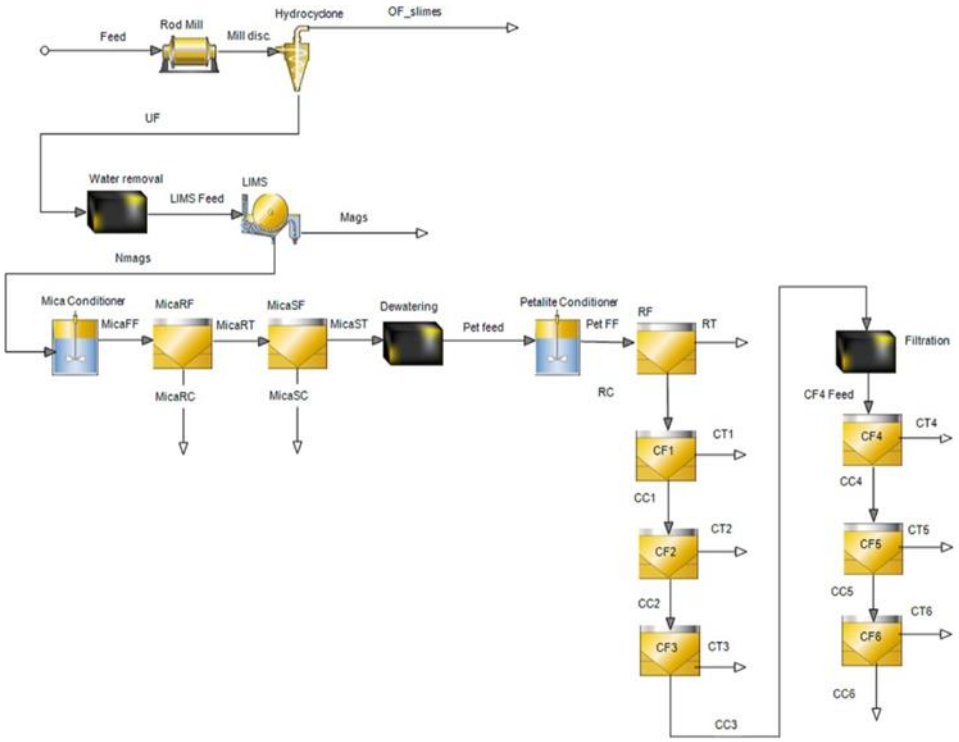


Figura 197 - Flowsheet usado nos testes Cleaner 3 e 4

No teste 4, as mesmas quantidades de coletor mais ásperas foram usadas no teste 1, bem como adicionar o coletor (100 g/t) apenas ao primeiro limpador. Embora no teste 1, tenham sido usadas as mesmas condições do "rougher", o teor no concentrado no "rougher" e no teste 4 foi bem mais baixo (1,31% Li_2O) do que no teste 1 (1,55% Li_2O). No entanto, no teste 4, o concentrado final obteve um teor semelhante (3,16% Li_2O), mas com uma recuperação significativamente melhor (53,3%). Com isto, verifica-se que menos adição de coletor poderá fornecer maior recuperação e que as etapas de limpeza separadas seriam necessárias.

O teste 5 foi semelhante ao teste 4, com duas exceções. Apenas 2 "cleaners" foram usados na etapa de limpeza do feldspato e apenas 50 g/t de coletor foram adicionados ao 1º "cleaner". Como as perdas com cada "cleaner" adicional dentro do "cleaner" de feldspato podem ser bastante altas, esperava-se que isso resultasse em uma recuperação maior sem muitas perdas quanto aos teores obtidos. O teste obteve um resultado semelhante, mas ligeiramente melhor (3,21% Li_2O com 56,8% de recuperação) em comparação com o teste 4. O fluxograma usado para o teste 5 é mostrado na Figura 198.

O teste 6 usou o mesmo fluxograma do teste 5, mas sem o 5º "cleaner". Além disso, o conteúdo de sólidos foi reduzido usando um peso no lote amostral de apenas 0,9 kg, pois teve sucesso em testes "rougher" anteriores. O teste resultou em um concentrado de 3,23% de Li_2O com 48,5% de

recuperação. Embora as adições do coletor fossem idênticas às do teste 5 na etapa “rougher”, os resultados variaram de teste para teste; o concentrado “rougher” (1,35% Li_2O com 73,7% de recuperação) no teste 5 teve uma recuperação maior do que no teste 6 (1,44% de Li_2O com uma recuperação de 61,6%). A comparação das perdas por flutuação de micas e deslamagem (“dewatering”) forneceu a razão para a diferença de teste. No teste 5, as perdas totais de Li_2O foram de 16,1% em comparação com 26,15% no teste 6.

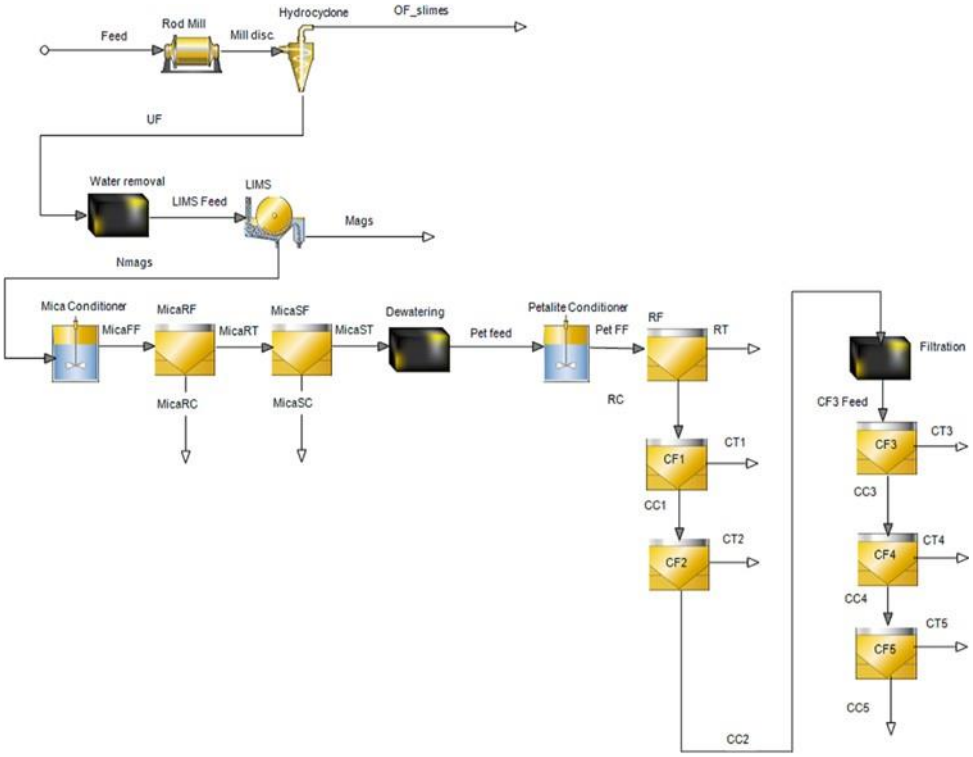


Figura 198 - Flowsheet usado nos testes Cleaner 5, 8 e 9

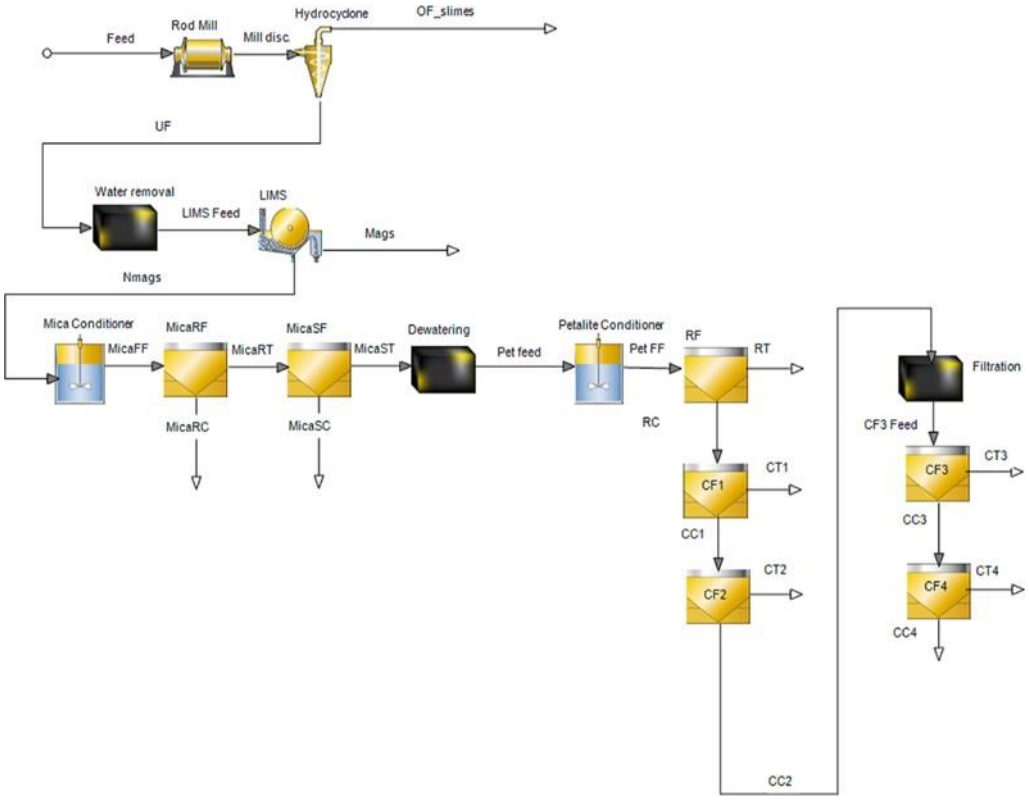


Figura 199 - Flowsheet usados nos testes Cleaner 6 e 7

O teste 7 foi idêntico ao teste 6, com exceção da salinidade na salmoura. Em todos os outros testes até o teste 7, a concentração de sal usada na água de flutuação foi 5% NaCl e 5% KCl. A fim de tentar melhorar a seletividade entre a petalite e feldspatos de sódio e potássio, uma concentração de sal mais alta foi usada (10% NaCl e 10% KCl) nos testes. Como resultado, parece ter funcionado e levou a uma ligeira melhoria no concentrado final (3,44% de Li_2O com 52% de recuperação).

Os testes 8 e 9 usaram o mesmo fluxograma do teste 5 e utilizaram o tamanho total do lote amostral. A salinidade foi mantida na concentração mais alta usada no teste 7. O objetivo desses testes era tentar uma granulometria mais fina da amostra. Os estudos prévios de libertação indicaram que a petalite tinha uma libertação de cerca de 95%, porém foram realizados todos os esforços para tentar aumentar a recuperação. Um P80 de 75 µm foi usado no teste 8 e um P80 de 50 µm foi usado no teste 9. No entanto, em ambos os testes o teor de concentrado final foi muito mais baixo do que nos testes anteriores e a recuperação foi ligeiramente pior.

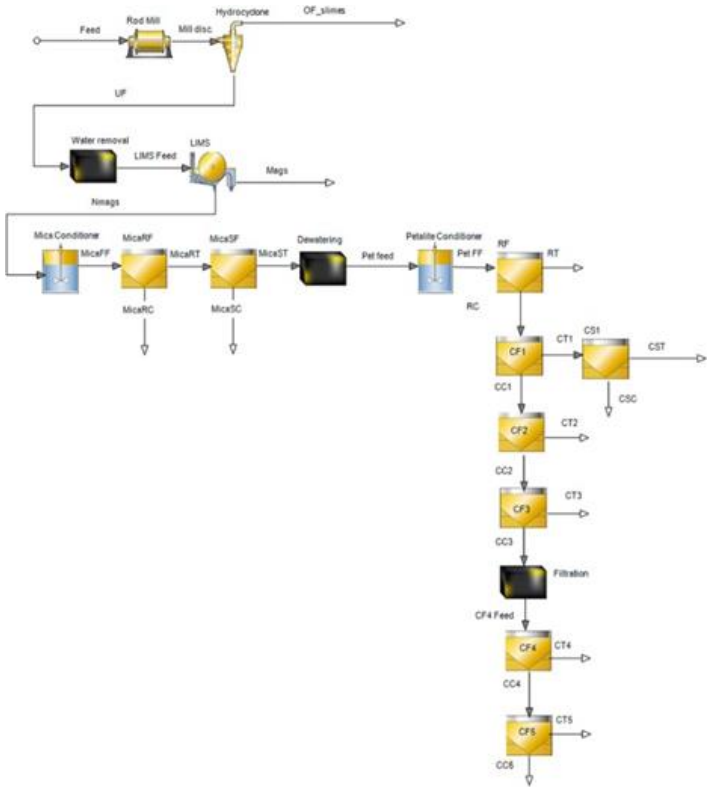


Figura 200 - Flowsheet usados no teste Cleaner 10

Por último, o teste 10 foi feito para verificação do fluxograma do teste de ciclo fechado e para averiguar o impacto da adição de uma etapa de "scavenger" mais limpo. O teste foi feito usando uma combinação de pesquisas bem-sucedidas nos testes de limpeza anteriores. Como este fluxograma (Figura 200) usou 3 etapas para limpeza de feldspato combinados com adições de coletor anteriores bem-sucedidas, isso resultou em um concentrado de alto teor de 4,24% Li_2O, mas apenas com 24,9% de recuperação. Esperava-se que, durante o teste de ciclo fechado, o teor diminuísse ligeiramente, enquanto a recuperação corresponderia ao número de testes de limpeza anteriores.

Por fim, foi feito mais um teste repetindo as condições do teste 7 usando o minério fornecido Dakota Sepeda e previamente testado. O minério de "Sepeda" já havia sido separado manualmente e apresentava um teor de 1,15% de Li_2O. Neste teste, os efeitos da classificação do teor de entrada atualizado foram imediatamente percetíveis, já que o concentrado "rougher" produzido foi de 2,36% de Li_2O e o concentrado final produzido foi 4,44% de Li_2O. No entanto, ao mesmo tempo, a recuperação final foi de apenas 20,9%, pois a quantidade de adição do coletor poderia ter sido maior para aumentar a recuperação. Isso também foi indicado por uma espuma mais fraca em comparação com outros testes de limpeza. No geral, isso mostra que o minério é extremamente sensível à quantidade de coletor adicionado e deve ser considerado ao processar minérios de diferentes teores no processo de lavaria.

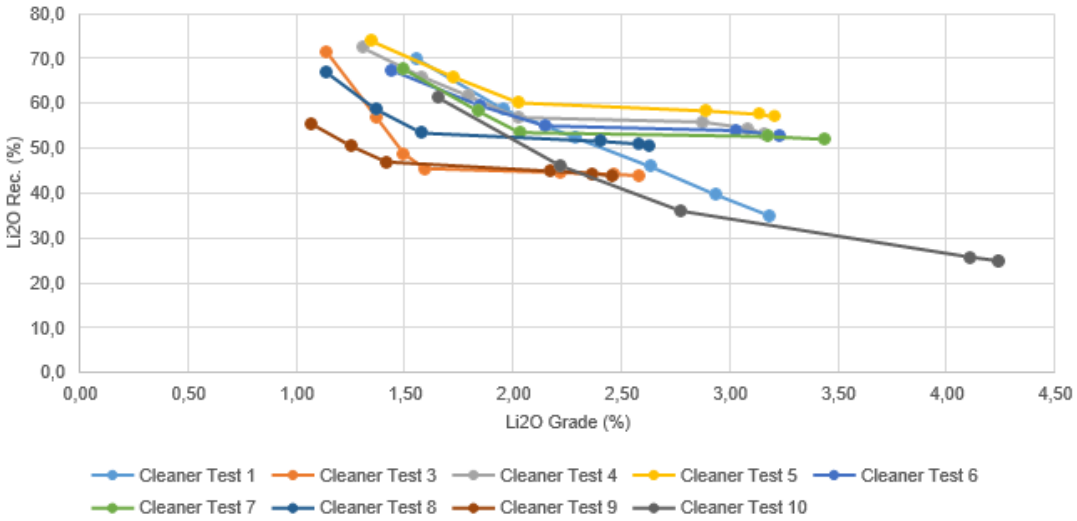


Figura 201 - Resumo da relação teor-recuperação de Li_2O nos testes de Cleaner 1-10

Quadro 64 - Resumo dos resultados dos testes Cleaner 1-10

Streams	Test1		Test3		Test 4		Test5	
	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %
OF+MicaRC/SC	0.85	12.0	0.89	18.0	0.92	18.6	0.87	16.1
RC	1.55	70.0	1.14	71.5	1.31	72.4	1.35	73.9
CC1	1.95	58.7	1.37	57.0	1.58	66.0	1.72	66.0
CC2	2.29	52.4	1.50	48.9	1.80	61.7	2.03	60.2
CC3	2.63	46.0	1.59	45.5	2.02	56.9	2.89	58.4
CC4	2.93	39.7	2.22	44.6	2.88	55.9	3.14	57.6
CC5	**3.19**	**35.0**	2.47	44.2	3.08	54.5	**3.21**	**57.0**
CC6			**2.58**	**43.9**	**3.16**	**53.2**		

Streams	Test6		Test7		Test8		Test9		Test10	
	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %	Li_2O %	Rec %
OF+MicaRC/SC	0.83	23.8	0.81	15.0	0.96	24.1	1.05	38.2	0.82	8.6
RC	1.44	67.4	1.49	67.7	1.14	66.9	1.07	55.5	1.66	61.3
CC1	1.85	59.6	1.84	58.2	1.367	58.7	1.26	50.4	2.22	46.1
CC2	2.15	55.0	2.03	53.5	1.58	53.4	1.42	47.0	2.78	36.0
CC3	3.03	54.0	3.17	52.6	2.402	51.6	2.17	45.0	4.11	25.8
CC4	**3.23**	**53.0**	**3.44**	**52.0**	2.582	51.0	2.37	44.4	4.24	24.9
CC5					**2.63**	**50.6**	**2.45**	**43.9**	**4.24**	**24.9**

2.1.2.2.3. Teste de flutuação em ciclo fechado (locked cycle)

Com base nos de testes “rougher” e “cleaners” desenvolvidos nas etapas anteriores, foi realizado um teste de ciclo fechado na amostra de minério da concessão do “Romano”. O método ciclo a ciclo foi aplicado para o cálculo dos resultados do teste de ciclo fechado (“locked cycle”). O teste foi feito usando o fluxograma desenvolvido no teste “cleaner” 10, como se pode verificar pela Figura 202.

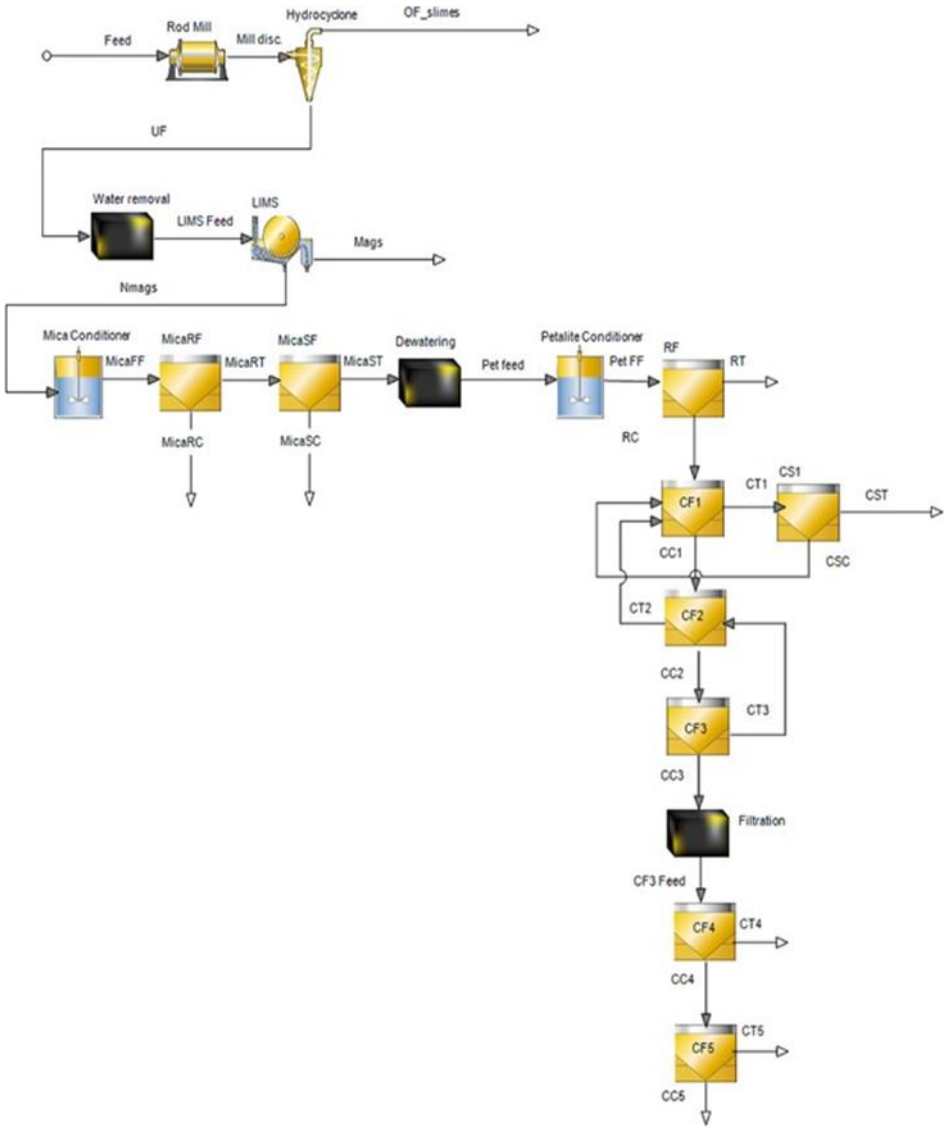


Figura 202 - Flowsheet usado no Teste de flutuação em ciclo fechado

Foi estruturado originalmente a adição de 200 g/t de K2C e PEG à etapa de flutuação “rougher” e 400 g/t à etapa “scavenger” para cada ciclo. O procedimento foi realizado no primeiro ciclo, mas percebeu-se que a espuma não era muito forte durante a flutuação “rougher”. Em ciclos subsequentes, a adição foi de 300 g/t no “rougher” e 300 g/t no “rougher scavenger” que forneceu uma espuma relativamente estável. O regime de reagente completo utilizado no teste de ciclo fechado apresenta-se no Quadro 65.

Quadro 65 - Reagentes de flutuação e tempo usado no teste de ciclo fechado

Etapa	MIBC (g/t)	EDA (g/t)	HF (g/t)	K2C:PEG 70:30 (g/t)	Flotigam 5803 (g/t)	Time (min.)
Mica rougher + scavenger	30	200	-	-	-	4.5
Pet. rougher + scavenger	-	-	2700	600	-	6
1st cleaner	-	-	500	50	-	5
1st cleaner scavenger	-	-	500	50	-	4
2nd cleaner	-	-	500	-	-	5
3rd cleaner	-	-	500	-	-	5
4th cleaner	-	-	500	-	80	2
5th cleaner	-	-	500	-	-	2
Total	30	200	5700	700	80	33.5

A maior recuperação de petalite durante o teste de ciclo fechado ocorreu durante o 2º ciclo. Após a 1ª ronda, a recuperação de Li_2O ficou praticamente estável e teve uma flutuação com recuperações a variar entre 38,4% e 45,7%. A teor mínimo desejável para o teste de ciclo fechado foi de 3,6% de Li_2O, que foi alcançada em todas as rondas ao longo do teste de ciclo fechado. O teor ao longo do teste variou entre 3,66% a 4,09% de Li_2O.

As variações na recuperação podem ser atribuídas principalmente à mesma variação no estágio de flutuação “rougher”, conforme visto nos testes “rougher e cleaner” anteriores. As perdas para os rejeitados “rougher” variaram de 21,19% a 28,68% de Li_2O ao longo do teste. Em análise, os resultados da 1ª rodada não diferiram dos demais, que demonstraram que a adição específica de coletor ao “rougher” ou “rougher scavenger” não tem grandes mudanças. Com base nos testes realizados anteriormente, o fator mais importante é a quantidade de coletor adicionado ao “rougher e rougher scavenger”, que parece estar otimizado em 600 g/t no total para este minério em concreto.

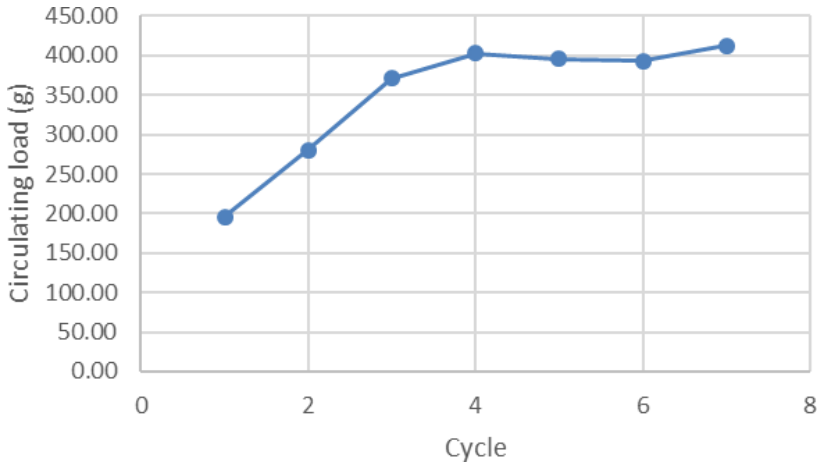


Figura 203 - Carga circulante durante o teste de ciclo fechado

De forma geral, o teste de ciclo fechado foi bastante estável, pois a carga circulante estabilizou ao final da 3ª ronda, tal como expresso na Figura 203. Isso pode ser facilmente atribuído à quantidade de fluxos abertos existentes no fluxograma. A estabilidade do teste real é vista porque há pouca variação relativa entre os teores e a recuperação de Li_2O entre as diferentes rondas ao longo da execução do teste, bem como em cada fluxo individual. Os resultados completos do teste de ciclo fechado são evidenciados no Quadro 66.

Quadro 66 - Resultados completos do teste de ciclo fechado

Round		1	2	3	4	5	6	7
Feed	Li2O (%)	**0.94**	**0.94**	**0.94**	**0.94**	**0.94**	**0.94**	**0.94**
	Mass (g)	**893.77**	**893.77**	**893.77**	**893.77**	**893.77**	**893.77**	**893.77**
OF slime	Li2O (%)	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
	Li2O (Rec-%)	6.90	6.90	6.57	6.57	6.05	6.05	5.98
	Mass (g)	66.65	66.65	63.75	63.75	58.70	58.70	58.10
Mags	Li2O (%)	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
	Li2O (Rec-%)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	Mass (g)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
MicaRC	Li2O (%)	0.88	0.84	0.90	0.75	0.85	0.88	0.90
	Li2O (Rec-%)	2.48	1.00	2.30	2.38	0.93	1.04	1.21
	Mass (g)	23.60	10.00	21.30	26.50	9.20	9.90	11.20
MicaSC	Li2O (%)	0.73	0.71	0.78	0.67	0.70	0.75	0.86
	Li2O (Rec-%)	1.89	1.54	1.29	1.24	1.05	0.87	1.53
	Mass (g)	21.70	18.20	14.00	15.60	12.70	9.80	14.90
RT	Li2O (%)	0.52	0.47	0.47	0.50	0.50	0.51	0.50
	Li2O (Rec-%)	23.94	23.59	21.19	22.88	28.68	28.68	25.69
	Mass (g)	388.40	417.50	375.00	387.40	477.30	471.20	434.90
CSC	Li2O (%)							0.90
	Li2O (Rec-%)							4.22
	Mass (g)							39.30
CST	Li2O (%)	0.75	0.71	0.67	0.73	0.71	0.73	0.76
	Li2O (Rec-%)	9.72	11.05	11.54	14.61	14.40	15.60	16.26
	Mass (g)	108.10	130.40	145.00	167.30	168.90	178.70	179.90
CT2	Li2O (%)							1.05
	Li2O (Rec-%)							24.26
	Mass (g)							193.20
CT3	Li2O (%)							1.32
	Li2O (Rec-%)							19.08
	Mass (g)	6.80						120.80
CT4	Li2O (%)	0.08	0.16	0.19	0.15	0.20	0.20	0.17
	Li2O (Rec-%)	0.27	1.10	1.61	1.43	1.59	1.59	1.47
	Mass (g)	28.50	59.40	72.70	80.50	67.40	67.10	72.60
CT5	Li2O (%)	0.99	1.55	2.02	1.77	2.76	1.91	1.65
	Li2O (Rec-%)	0.80	1.76	3.62	4.15	7.20	2.34	2.05
	Mass (g)	6.80	9.50	15.00	19.70	21.90	10.30	10.40
CC5	**Li2O (%)**	**4.09**	**3.94**	**3.66**	**3.66**	**3.83**	**3.94**	**3.90**
	Li2O (Rec-%)	**26.2**	**45.7**	**41.9**	**44.3**	**38.4**	**42.3**	**42.9**
	Mass (g)	53.60	97.30	95.90	101.50	84.00	90.10	92.30

2.1.2.2.4. Testes de simulação

Para avaliar o desempenho em escala industrial do circuito de flutuação proposto, um modelo de simulação foi criado com base no teste de flutuação realizado à escala laboratorial. O modelo de distribuição retangular do lote amostral foi usado para ajustar as curvas cinéticas experimentais. Os parâmetros do modelo foram ajustados usando a ferramenta HSC Sim 10 Model Fit®. Os modelos cinéticos foram ajustados para cada mineral separadamente. O modelo de flutuação utilizado é um modelo de flutuação Klimpel discretizado que tem dois parâmetros de modelo, a recuperação máxima R∞ (%) descrevendo a maior recuperação mineral alcançável e a taxa de flutuação cinética máxima de uma distribuição retangular kmax (1/min). A equação utilizada para o modelo utilizado é fornecida na figura seguinte:

$$\mathrm{R} = \left(\frac{R_\infty}{n}\right)\sum(1-\exp\left(-k_i\tau\right), k_1 = \frac{k_{max}}{n}, k_{i>1} = k_{i-1} + k_1,\ R_\infty < 1$$

Figura 204 - Equação do modelo utilizado para a simulação

onde o intervalo de discretização n é definido automaticamente por HSC e τ é o tempo de flutuação em minutos.

Para a simulação contínua, a seguinte modificação do modelo retangular figura-se seguinte:

$$\mathrm{R} = \left(\frac{R_\infty}{n}\right)\sum(1-\frac{1}{1+k_i\tau})^n), k_1 = \frac{k_{max}}{n}, k_{i>1} = k_{i-1} + k_1,\ R_\infty < 1$$

Figura 205 - Equação do modelo retangular utilizado para a simulação

onde N é o número de células no banco e τ é o tempo de residência por célula de flutuação. A cinética foi ajustada a partir do teste LCT e *Cleaner* 7 e do teste de *Rougher* 8.

Com base no trabalho de simulação em escala da planta, a recuperação estimada de Li_2O que poderia ser alcançada com o fluxograma proposto seria de 45,64% com 3,79% de teor de Li_2O. A tração de massa para o concentrado é de 11,94% correspondendo a 23,87 t/h a uma taxa de alimentação de 200 t/h no concentrador (capacidade da lavaria). Os tempos de residência são os seguintes: 5,2 minutos em flutuação de micas, 21,7 minutos nas células "rougher" e 64,9 minutos em células "cleaner". O dimensionamento preliminar da célula para o circuito de flutuação para a futura lavaria da concessão do "Romano" é apresentado no Quadro 67 para uma taxa de alimentação de 200 t/h.

Quadro 67 - Seleção preliminar de células para o circuito de flutuação da concessão do "Romano"

Duty	Conditioning			Flotation	
	# of Conditioners	Min. Vol. (m3)	Cell	Vol.	# of Cells
Mica flotation	1	28	tank	20	2
Petalite rougher flotation	1+1+1	36+36+11	tank	50	3
Petalite scavenger flotation	1	38	tank	50	2
1st cleaner	1	32	tank	30	3
Cleaner scavenger	1	23	tank	30	2
2nd cleaner	1	28	tank	20	4
3rd cleaner	1	15	tank	20	3
4th cleaner	1	13	tank	5	4

2.1.2.2.5. Impacte ambiental dos resultados da pesquisa

Os resultados desta pesquisa não têm impacte direto no meio ambiente. A mineração é intrinsecamente a uma indústria que causa impacte no meio ambiente. O objetivo deste trabalho de teste é fornecer um processo o mais eficiente possível para o processamento do minério estudado.

2.1.2.2.6. Conclusões e futuras recomendações

Um teste de flutuação foi realizado com o minério da concessão do "Romano" para produzir um concentrado de petalite de alto teor com recuperação maximizada. Um objetivo secundário era minimizar o ferro dentro do concentrado. O minério recebido contém um teor médio de Li_2O de 0,99%, no entanto, este foi calculado de volta para 0,94% Li_2O durante o trabalho de teste de ciclo fechado. Estima-se que a petalite forme 16 a 21% do minério e outros minerais contendo lítio (espodumena, ambligonite, eucryptite e cookeite) formem de 5 a 6% dentro do mesmo minério. Usar microscopia para determinar a proporção de minerais contendo lítio em um depósito que contém vários minerais de lítio é bastante complexo, pois os minerais devem ser inferidos indiretamente a partir da sua composição química teórica, pois o próprio lítio não é detetável.

O segundo mineral de lítio mais comum no minério é a espodumena como anteriormente referido, e torna-se um dos maiores obstáculos deste tipo de depósito de minerais de multi-minerais de lítio, pois cada mineral requer um método distinto de flutuação (diferentes reagentes, pH, etc.). A partir disso, a produção de apenas um concentrado de petalite faz com que os outros minerais de lítio, como a espodumena, sejam direcionados para os rejeitados, causando assim, algumas perdas na recuperação. Além disso, a remoção de lamas por meio de hidrociclonagem e ainda a flutuação de micas, causam uma perda inicial de recuperação de 10-12%, conforme calculado a partir dos

resultados do teste em ciclo fechado. Estas perdas totalizam aproximadamente 20% do Li_2O total dentro do circuito de flutuação resultante dos fatores mencionados anteriormente.

A maior parte do trabalho de teste foi conduzida na componente de moagem entre P80 de 100-140 µm. Os testes entre esses números mostraram uma diferença percetível com base apenas na granulometria da moagem. Com as quantidades de partículas mais finas, teve um efeito prejudicial nos resultados da flutuação. Não foi testado, mas usar um tamanho granulométrico de moagem mais grosseiro pode promover resultados melhores. Além disso, foi observado que se menos material for removido do circuito na flutuação de micas, a recuperação pode ser ligeiramente melhor de modo geral.

Durante o condicionamento da petalite, o pH foi ajustado com HCl entre 2,0 e 2,5 nos vários testes. Adicionar HF ao condicionador fez com que o pH variasse entre os testes, algumas vezes caindo para 1,6-1,7 e outras para 2,1, embora as adições de reagentes e o tempo fossem os mesmos de teste para teste. Diferentes coletores foram usados para a flutuação de petalite, mas foi finalmente determinado que K2C e PEG em uma proporção de 70:30 fornecem os melhores resultados quando à seletividade do minério pretendido a flutuar.

Ocorreram ainda, problemas com a estabilidade da espuma que foram encontrados em muitos dos testes iniciais, pois a espuma era muito pegajosa e não diminuía entre os diferentes estágios ao longo do fluxograma. Uma pequena quantidade de espumante D14 foi adicionada aos primeiros testes, mas resultou em uma espuma que era muito forte com apenas pequenas adições de coletor. Os testes anteriores usaram sílica gel e antiespumantes para mitigar complicações de espuma. No entanto, a ausência de espuma e a capacidade natural de espuma da salmoura combinada com uma adição adequada de coletor permitiu uma espuma forte o suficiente que era mais estável. A adição de K2C e PEG foi determinada como ótima em 600-700 g/t e os resultados foram drasticamente afetados se essa quantidade variasse para os dois sentidos, quantidades muito altas ou baixas.

O teste “rougher” 5 incorporou uma 5ª célula “rougher” para a flutuação de petalite e uma etapa de flutuação de espodumena em separado. Com base na recuperação da espodumena, foi determinado que este fluxograma não era viável. Em primeiro lugar, as complicações adicionais de mais uma vez ajustar o pH e mudar a salmoura para água doce não são viáveis com base nas baixas recuperações e teor do concentrado de espodumena obtido. Em segundo lugar, a pureza é frequentemente uma das características desejadas do concentrado de petalite e exigiria que os dois concentrados fossem realizados separadamente.

A etapa “rougher” utilizada nos testes produz um concentrado de petalite de boa qualidade, mas durante os trabalhos de teste, foi onde ocorreu a maior perda de recuperação. Adicionar maiores quantidades de coletor teve um impacto significativo no teor do concentrado, mas apenas um efeito marginal na recuperação geral e, às vezes, possivelmente um impacto negativo. A seletividade entre feldspatos e petalite é difícil de alcançar, pois os minerais compartilham características semelhantes, um caso concreto é a semelhança de densidade. Além disso, há um número limitado de coletores disponíveis comercialmente que seriam adequados para a produção de um concentrado de petalite.

O trabalho de teste “cleaner” envolveu a definição da configuração da célula, pois tanto os “cleaners” de feldspato quanto os de quartzo são utilizados. Os “cleaners” de feldspato são flutuados em salmoura e são essencialmente uma etapa “cleaner” normal da flutuação “rougher”. Cada “cleaner” adicional causa uma perda de 5 a 7% na recuperação final. A quantidade ideal de “cleaners” de feldspato reside entre duas a três células, mas, em última análise, depende dos requisitos de teor e da recuperação mínimos aceitáveis.

A remoção do quartzo do minério é bem-sucedida, pois quase não há perdas na recuperação nessas etapas. No entanto, quaisquer feldspatos ainda presentes nessas etapas vão estar presentes no concentrado final obtido.

As melhores condições foram determinadas durante o desenvolvimento dos testes tendo-se verificado os melhores resultados sobre os testes “rougher” 8 e 9 e no teste “cleaner” 7. Os melhores parâmetros para a produção do concentrado de petalite foi recorrendo à aplicação de uma salmoura de alto teor de sal (10% NaCl e 10% KCl), combinado com - separação magnética de baixa intensidade, uma adição de 600-700 g/t de K2C e PEG numa proporção de 70:30, uma granulometria de moagem de P80 = 140 µm e um baixo teor de sólidos. Essa configuração também foi utilizada para planear e executar o teste de ciclo fechado.

No teste de ciclo fechado, a recuperação de Li_2O foi praticamente estável e teve uma flutuação com recuperações que variaram entre 38,4% a 45,7% após o primeiro ciclo. O teor mínimo pretendido para o teste de ciclo fechado foi 3,6% Li_2O, que foi alcançado em todas os ciclos decorridos ao longo do teste. O teor dentro dos diversos ciclos variou entre 3,66% a 4,09% de Li_2O. A carga circulante estabilizou após o 3º ciclo. Comparando os resultados com o teste de ciclo fechado com a simulação, os resultados são bastante semelhantes. Os resultados simulados do circuito com base na cinética de trabalho laboratorial desenvolvido indicaram uma recuperação de 45,64% de Li_2O com teor de 3,79%.

Com base no trabalho laboratorial desenvolvido, no minério e coletores atualmente testados disponíveis para flutuação de petalite, a probabilidade de aumentar drasticamente a recuperação é possível. No entanto, durante os trabalhos, foi determinado a realização de testes de separação de densidade média (DMS –"Dense media separation"), no minério para determinar a viabilidade de haver melhor seletividade do minério antes das etapas de flutuação. Com este processo antes do circuito de flutuação, a recuperação do minério pode ser aumentada a jusante.

Realça-se que menos feldspatos resultarão em uma melhor seletividade na fase de flutuação "rougher" e diminuirá ou mesmo eliminará a necessidade de uma etapa "cleaner" no feldspato. No entanto, essas premissas carecem de mais testes para verificação da viabilidade.

Os testes de flutuação realizados poderão ainda ser otimizados numa fase à posteriori a desenvolver, contribuindo para uma maior seletividade, atingindo perspetivas de recuperação entre 50% a 60% de recuperação, com teores entre 4,0% e 4,2% de Li_2O, assim como a redução de quantidades de reagentes utilizados no processo de flutuação.

2.1.2.2.7. Fluxograma da lavaria

Na Figura 206 apresenta-se o fluxograma final obtido através da simulação realizada.

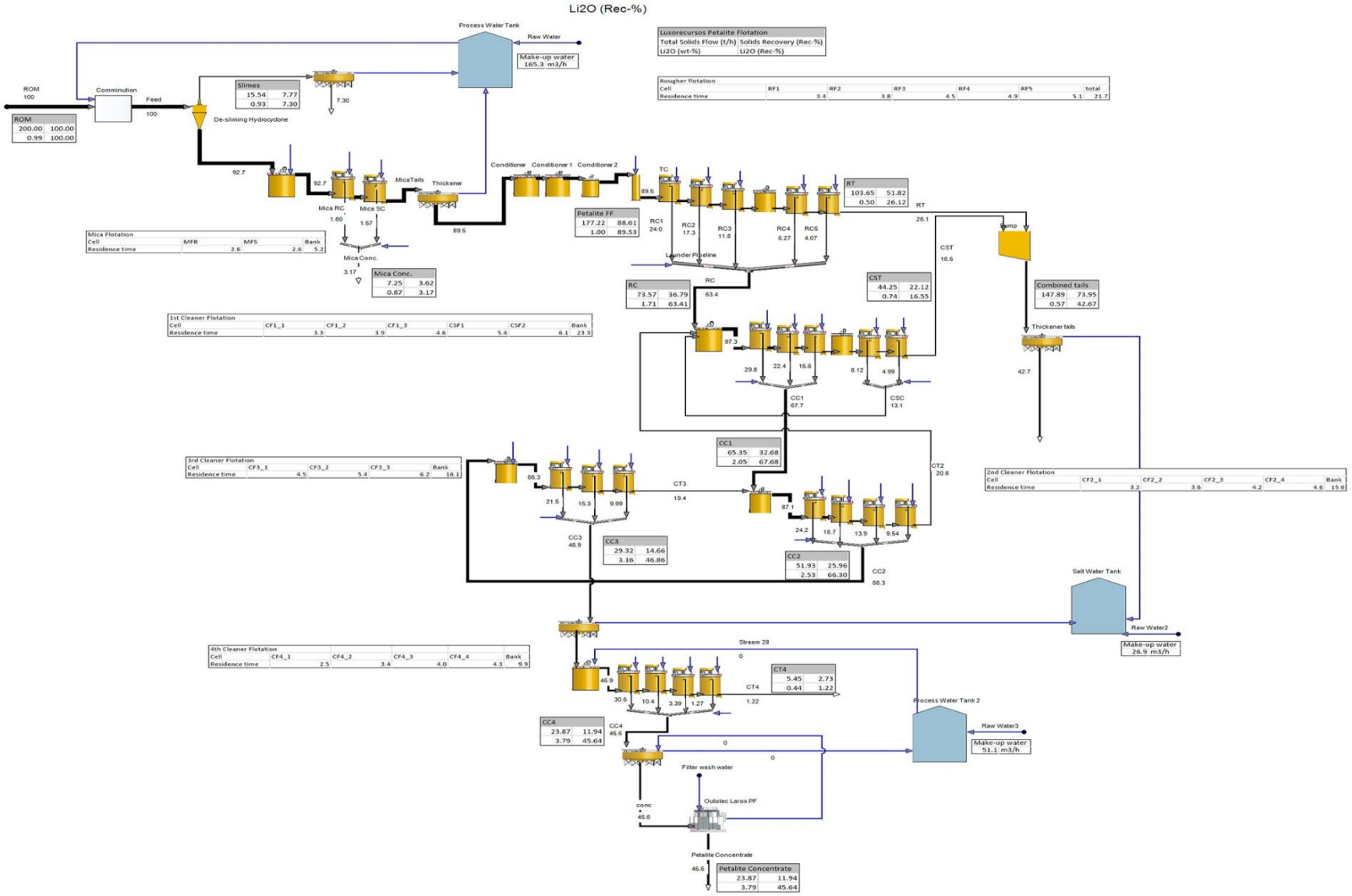


Figura 206 - Fluxograma de lavaria para o minério da concessão do "Romano"

2.1.3. Teste DMS (Dense Media Separation)

Inicialmente foi solicitada a realização de um programa de ensaios laboratoriais de caracterização mineralógica, estudos de cominuição (moagem) e ensaios de flutuação do minério de petalite. Durante o desenvolvimento dos trabalhos dos testes de flutuação foi interpretado que o minério poderia ser adequado para melhorar a seletividade utilizando a metodologia de separação em meio denso, já que a libertação de petalite é muito boa mesmo em grãos de tamanho grosseiro. Além disso, o circuito de flutuação provavelmente teria mais sucesso ao usar minério seletivo resultante da separação em meio denso.

O trabalho produzido no que concerne à separação de densidade média envolve a pré-concentração do minério, usando o enriquecimento gravitacional do minério britado. O objetivo da pré-concentração é rejeitar a ganga no início do processo de concentração. O teste foi realizado em 3 densidades diferentes; 2,5, 2,6 e 2,7 g/cm^3.

2.1.3.1. Métodos aplicados

2.1.3.1.1. Análise química

As composições químicas dos produtos resultantes dos testes foram analisadas usando ICP-OES (espectrômetro de emissão ótica de plasma de árgon indutivamente acoplado) após dissolução total (TOT). Os elementos analisados durante o trabalho foram Li, Na, K, Mg e Fe.

2.1.3.1.2. Preparação da amostra

Um lote de amostra selecionado para flutuação, foi utilizado para preparar a amostra para a execução do ensaio de separação em meio denso. O lote de 1,8 kg existente foi britado até -3,35 mm e foi então peneirado usando peneiras de 2,36, 1,7, 1,18, 0,85 e 0,60 mm. A amostra tem um P50 = 1405 e um P80 = ~ 2400 µm e a distribuição do tamanho das partículas é demostrada no Quadro 68 e Figura 207. Antes de usar as amostras no teste, elas foram primeiramente lavadas em uma solução de HCl a 10%, seguido de uma lavagem com desinfeção com água ionizada e finalmente seca a 105 °C.

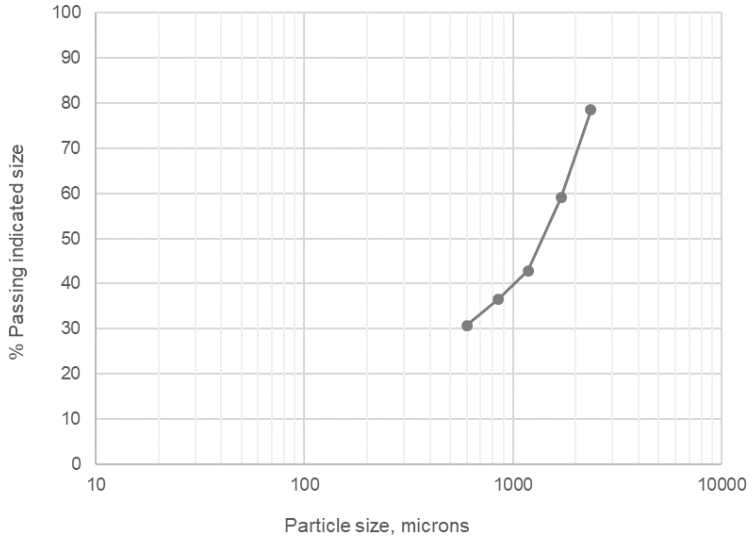


Figura 207 - Distribuição granulométrica do minério do "Romano" britado

Quadro 68 - Distribuição granulométrica do minério do "Romano" britado

Peneiro	Retido		Passado
µm	g	%	%
2360	385.99	21.59	78.41
1700	346.11	19.36	59.05
1180	288.61	16.14	42.91
850	112.06	6.27	36.64
600	105.03	5.87	30.77
-600	550.08	30.77	
Soma	1787.88	100	

2.1.3.1.3. Configuração experimental

Com base nas frações granulométricas listadas anteriormente, a pré-concentração por separação em meio denso foi conduzida usando uma centrífuga de laboratório Hermle 300Z. O meio denso usado no trabalho no teste foi o "Sodium Polytungstate Hydrate", que tem uma densidade de 5,47 g/cm^3. As três diferentes densidades foram preparadas em um cilindro graduado com agitação contínua. As soluções foram preparadas até que os sólidos do meio denso se dissolvessem na solução e fossem diluídos com água até à densidade correta. As medições de densidade foram feitas com um medidor de densidade Anton Paar DMA4500M.

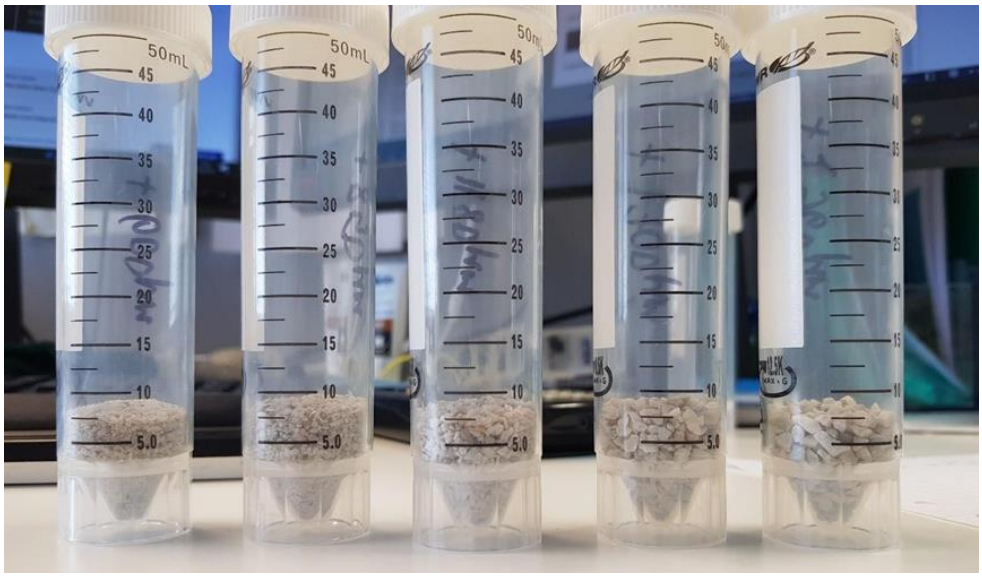


Figura 208 - Quantidades de amostra (10 g cada) antes de adicionar ao meio denso

As diferentes massas de amostra foram utilizadas em cada teste de densidade, para atingir um número estatisticamente significativo de partículas. Nas frações menores (+600 µm e +850 µm), foram utilizados nos diferentes testes de densidade, 20 g do minério britado. Para as frações grosseiras remanescentes, 40 g de minério britado foram utilizados nos testes. Os vários testes foram realizados com a centrífuga em cadinhos de 50 mL usando vários tempos (10-20 minutos) a 500-1000 rpm até que as partículas de densidade diferente fossem separadas. Cada cadinho continha 10 g de material (Figura 208) e foi executado 2 a 4 vezes e combinado para atingir as quantidades de amostra desejadas (20-40 g).

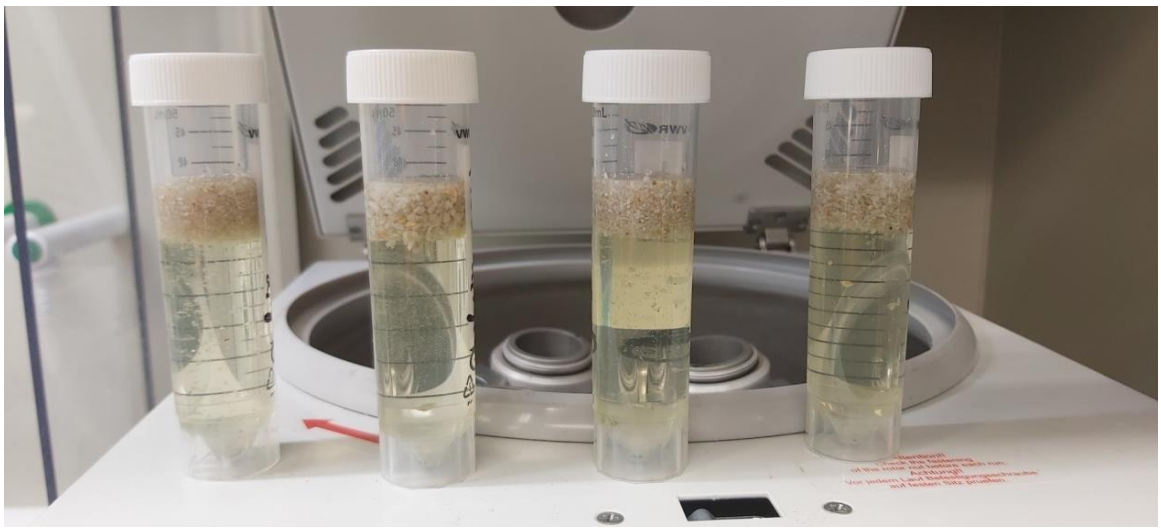


Figura 209 - O minério triturado em meio denso antes de ser centrifugado

No teste de 2,7 g/cm^3, apenas as frações pesadas e leves foram separadas, mas nos testes de 2,6 e 2,5 g/cm^3 a amostra foi dividida e medida como frações pesadas, médias e leves. Para recuperar as várias frações, gelo seco foi usado para congelar a fração pesada. O material leve foi retirado com uma colher e as partículas de densidade em suspensão (medias) foram despejadas do cadinho.

Figura 210 - Separação dos diferentes materiais com base na densidade. A fração densa foi congelada com gelo seco

2.1.3.2. Resultados e conclusões dos testes de separação em meio denso

A Figura 211 demostra como fica o minério após a centrifugação e mostra claramente que há separação das frações pesadas e leves. Relata-se que parte do material intermediário é visível e parece suspenso na solução.

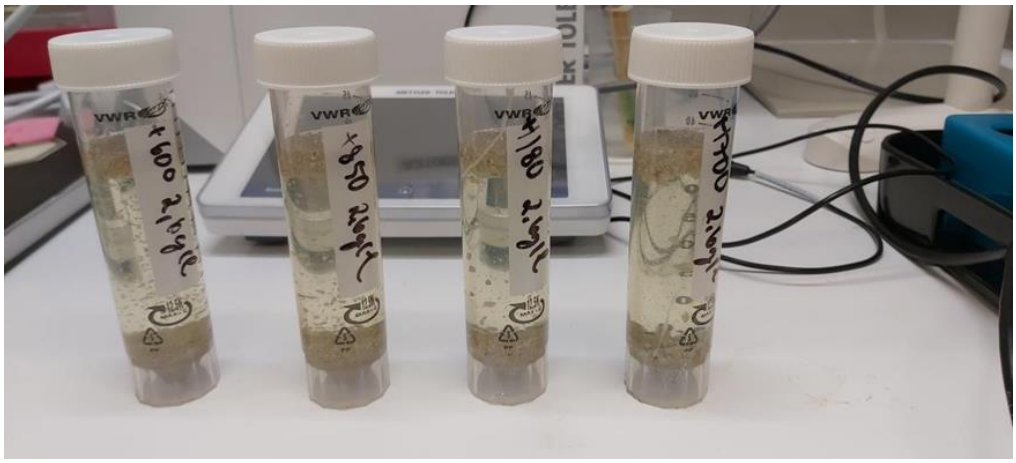


Figura 211 - O minério britado dentro da separação de meio denso após ser centrifugado

As recuperações de massa e de lítio para produtos flutuantes em relação à densidade do meio denso nos testes com as frações granulométricas são representadas no gráfico ilustrado pelas duas figuras seguintes. Com base no uso de 2,5 g/cm^3 como meio denso, a recuperação de lítio mostra um intervalo de possíveis recuperações de lítio usando as diferentes classes granulométricas, com 600 µm mostrando a melhor recuperação nessa densidade. A fração mais grosseira (+2360 µm) mostra um aumento com a densidade de 2,6 g/cm^3, no entanto, isso precisaria ser verificado usando um lote de amostra maior para garantir que não seja uma anomalia estatística. Apesar de pequenas diferenças na recuperação serem observáveis, em geral as diferentes frações granulométricas possuem o mesmo perfil de recuperação.

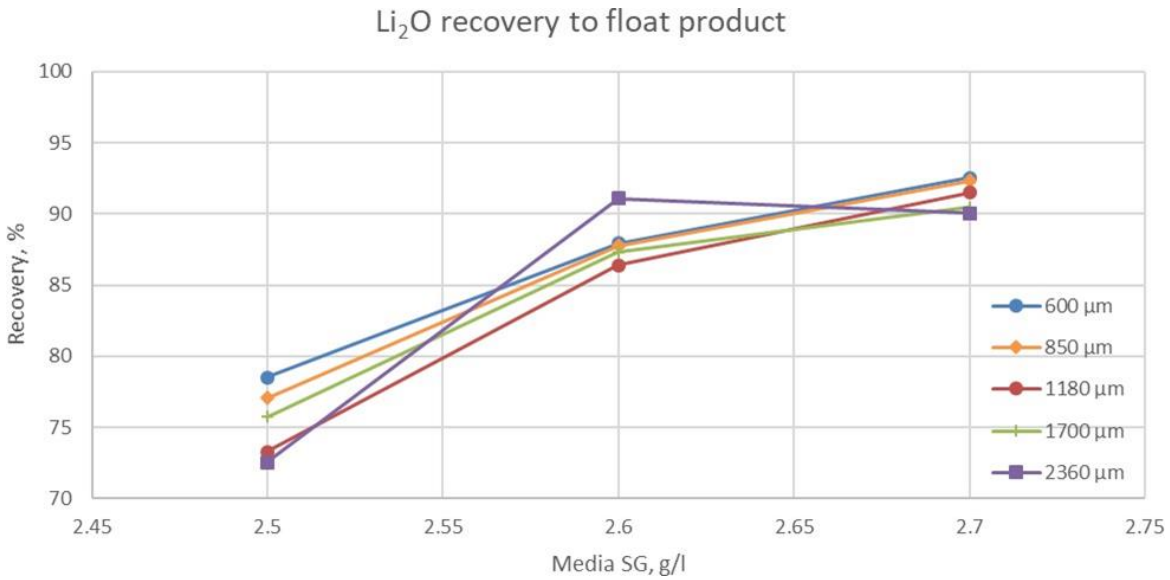


Figura 212 - Resultados dos testes de separação em meio denso indicando recuperações de Li2O com diferentes intervalos de tamanho de partículas

No entanto, observando a massa geral da amostra, a diferença nas recuperações é mais notória na densidade de 2,6 g/cm^3. Esta diferença de recuperação indica que o tamanho da partícula influencia a recuperação geral de massa nessa densidade. A maior parte da amostra é composta de minerais contendo uma densidade de 2,7 g/cm^3 ou menos e a separação das densidades de partículas parece ser aparente a uma densidade de 2,6 g/cm^3. A partir da Figura 212 e Figura 213, pode-se concluir que a uma densidade de 2,6 g/cm^3, aproximadamente 86-91% do lítio é recuperado enquanto ao mesmo tempo 25-40% da massa é removida da alimentação.

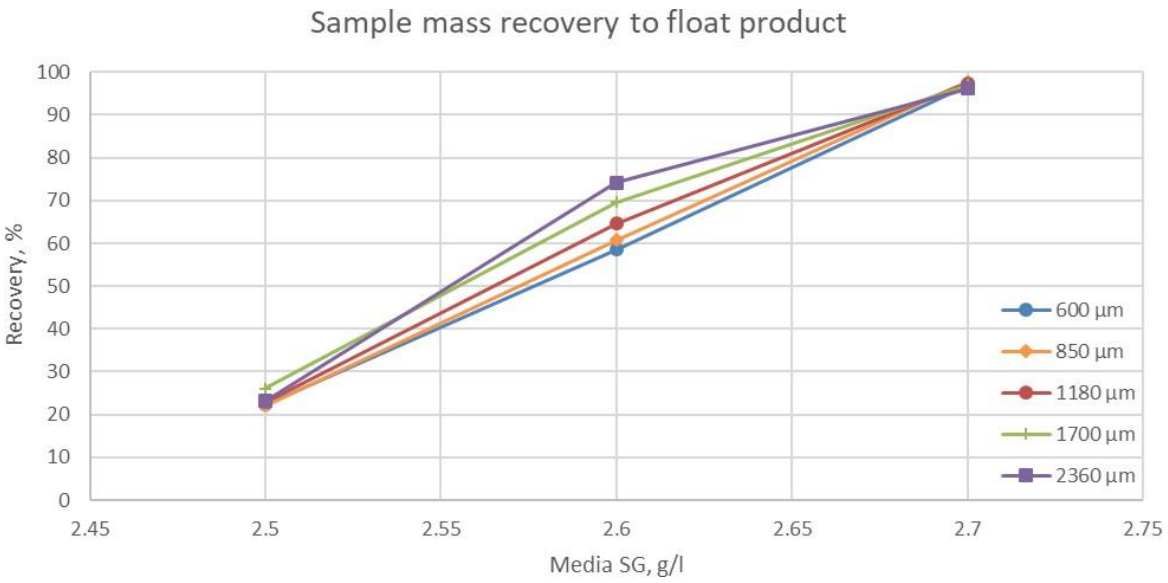


Figura 213 - Resultados de testes de separação em meio denso indicando recuperações da massa total da amostra com diferentes intervalos de tamanho de partículas

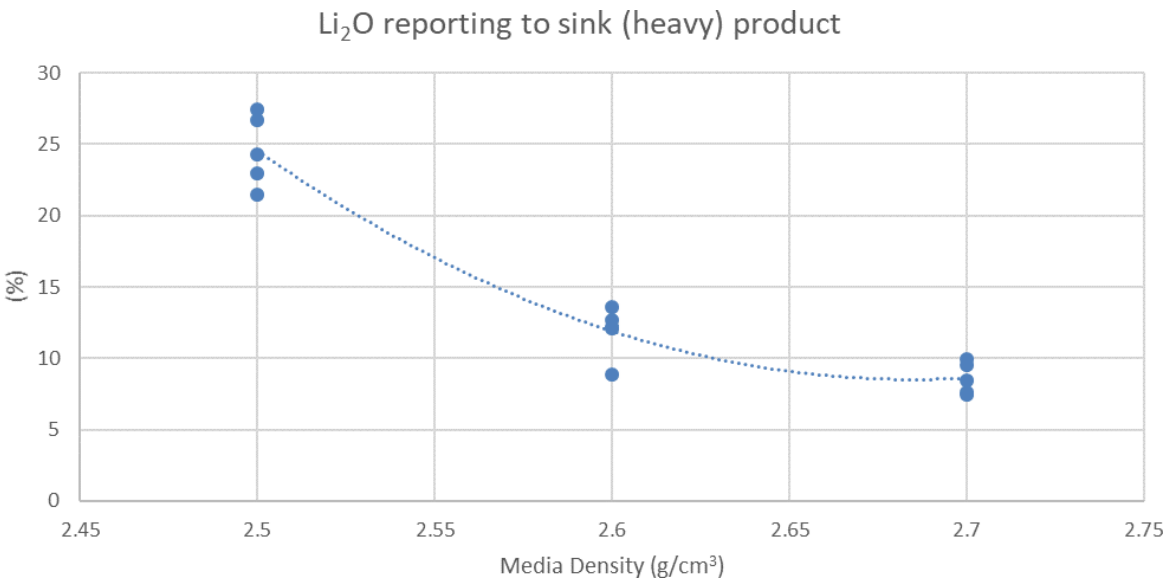


Figura 214 - Resultados de testes de separação em meio denso, indicando a quantidade de lítio relatada para a fração pesada com diferentes intervalos de tamanho de partícula

Na Figura 214 até à Figura 216, as diferentes curvas de recuperação de lítio, potássio e sódio relatam a fração pesada são representadas graficamente. A quantidade de material reportado à fração pesada pode ser considerada perdas ou rejeitados. A Figura 217 mostra a recuperação geral da massa da amostra para a fração pesada. Como a petalite, o feldspato potássico e plagioclase têm densidades diferentes, os minerais demonstram para os vários parâmetros de meio denso testados diferentes quantidades. As densidades minerais dos principais minerais do minério são mostradas no Quadro 69.

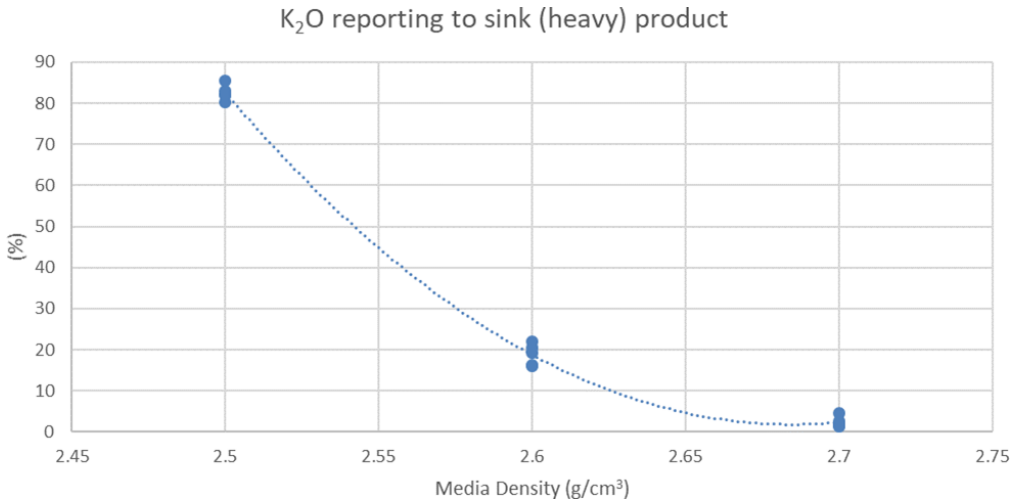


Figura 215 - Resultados dos testes em meio denso, indicando a quantidade de potássio para a fração pesada com diferentes intervalos de tamanho de partículas

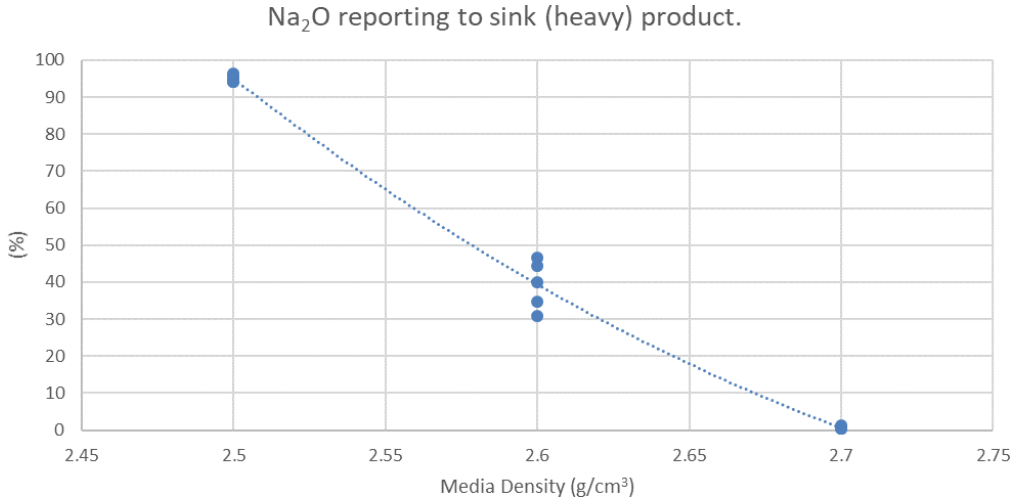


Figura 216 - Resultados dos testes em meio denso, indicando a quantidade de sódio para a fração pesada com diferentes faixas de tamanho de partículas

Quadro 69 - Densidades dos principais minerais presentes no minério da concessão "Romano"

Mineral	SG
Petalite	2.40
Espodumena	3.10
Feldspato potássico	2.56
Albite	2.62
Quartzo	2.65
Moscovite	2.82

Na Figura 214 até à Figura 216, é representada uma densidade média de 2,6 g/cm^3, onde aproximadamente 30-50% de sódio, que pode ser considerado ao mineral albite, é removido e como consequência perde-se apenas 9-14% de lítio. E as perdas de lítio nesta densidade média são devidas à espodumena residente no minério, que tem uma densidade claramente mais alta, ou a qualquer petalite que ainda seja encontrada em partículas com minerais mais densos. O facto de usar um meio denso acima de 2,6 g/cm^3 não afeta fortemente as recuperações de lítio, mas causará uma separação significativamente menor de sódio. Também pode ser visto no quadro abaixo, que o sódio é encontrado em um teor inferior, enquanto o lítio está a concentrar em uma densidade média de 2,6 g/cm^3.

Quadro 70 - Composição dos testes de separação e dos produtos das frações leves e médias combinadas por frações granulométricas

Frações	Densidade média	Massa	Li_2O	Li_2O	Na_2O	Na_2O	MgO	MgO	K_2O	K_2O	Fe_2O_3	Fe_2O_3
(µm)	(g/cm³)	(%)	(%)	Rec. (%)	(%)	Rec. (%)	(%)	Rec. (%)	(%)	Rec. (%)	(%)	Rec. (%)
	2.7	96.9	0.85	7.47	4.38	0.66	0.02	15.13	2.67	4.58	0.21	18.44

600	2.6	58.5	1.33	12.07	3.81	46.73	0.02	44.51	3.62	21.92	0.25	49.20
	2.5	22.4	3.28	21.47	0.70	96.29	0.03	68.85	2.51	80.16	0.35	68.09
	2.7	97.6	0.84	7.65	4.10	0.55	0.02	13.15	2.77	2.53	0.20	15.18
850	2.6	60.8	1.26	12.22	3.79	44.52	0.01	47.61	3.46	20.41	0.25	45.57
	2.5	22.0	3.36	22.94	0.80	95.84	0.03	65.59	2.12	83.09	0.34	69.16
	2.7	97.4	0.92	8.49	4.17	0.53	0.02	6.90	2.66	1.92	0.18	13.14
1180	2.6	64.6	1.23	13.60	3.65	40.06	0.02	36.59	3.30	19.38	0.21	41.51
	2.5	22.9	3.31	26.69	0.90	94.94	0.03	62.73	2.05	82.22	0.29	69.77
	2.7	96.9	1.05	9.54	4.08	0.58	0.01	6.00	2.65	1.29	0.19	11.11
1700	2.6	69.6	1.24	12.70	3.62	34.73	0.01	34.94	3.08	16.18	0.21	51.58
	2.5	26.0	3.42	24.25	0.90	94.13	0.02	64.84	1.76	82.04	0.31	72.76
	2.7	96.1	1.07	9.96	4.00	1.22	0.02	6.79	2.34	1.71	0.24	30.05
2360	2.6	74.2	1.31	8.91	3.58	30.91	0.02	34.00	2.68	16.05	0.21	39.80
	2.5	23.2	3.34	27.47	1.06	94.04	0.02	71.75	1.56	85.56	0.29	73.29

Quadro 71 - Composição dos produtos do teste de separação por densidade de meio denso

Densidade média		Li_2O	Na_2O	MgO	K_2O	Fe_2O_3	Massa	Li_2O	Na_2O	MgO	K_2O	Fe_2O_3	Massa
(g/cm^3)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(g)	Rec. (%)	Rec. (%)	Rec. (%)	Rec. (%)	Rec. (%)	Rec. (%)
	Feed	1.05	4.01	0.02	2.54	0.25	100	100	100	100	100	100	100
2.7	Heavy	3.07	0.97	0.04	1.6	1.6	3.15	9.2	0.8	8	2	20.2	3.1
	Light	0.99	4.1	0.02	2.57	0.21	96.85	90.8	99.2	92	98	79.8	96.9
	Feed	0.98	3.93	0.02	2.54	0.27	100	100	100	100	100	100	100
	Heavy	0.35	4.54	0.02	1.42	0.38	31.88	11.5	36.8	37	17.8	45.2	31.9
2.6													
	Mid	0.37	6.25	0.01	2.02	0.23	22.02	8.3	35	13.5	17.5	19.2	22
	Light	1.7	2.4	0.02	3.56	0.21	46.1	80.2	28.2	49.4	64.6	35.7	46.1
	Feed	1.07	4.09	0.02	2.6	0.25	100	100	100	100	100	100	100
	Heavy	0.36	5.08	0.02	2.83	0.24	76.27	25.5	94.6	67	83.1	71.6	76.3
2.5													
	Mid	2.16	1.66	0.03	3.99	0.3	4.54	9.2	1.8	6.9	7	5.4	4.5
	Light	3.64	0.75	0.02	1.35	0.31	19.19	65.3	3.5	26	10	23	19.2

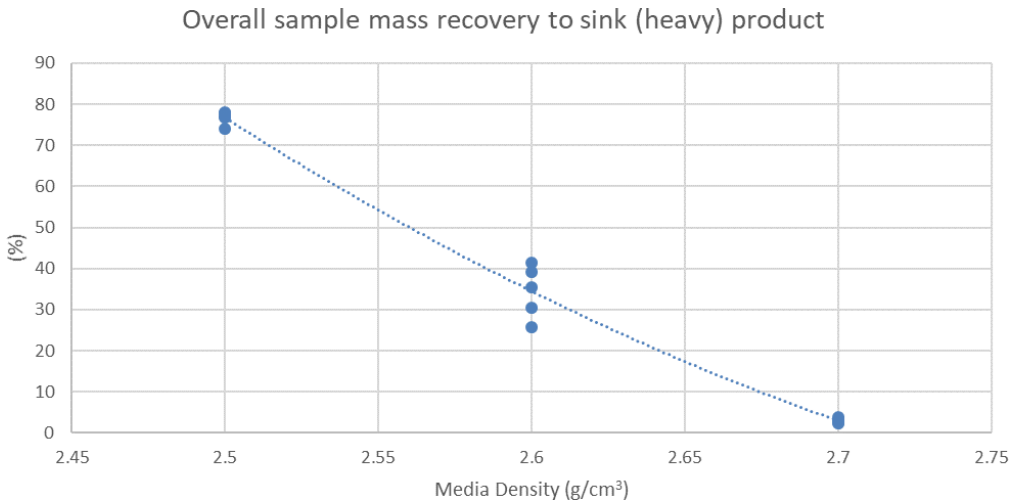


Figura 217 - Resultados dos testes de meio denso, indicando a massa geral da amostra expressando à fração pesada (rejeitados) com diferentes intervalos de tamanho de partículas

No minério da concessão do "Romano", o potássio corresponde principalmente às fases minerais do feldspato potássico e ainda à moscovite, mas em menor proporção. Numa densidade média de 2,6 g/cm^3, aproximadamente 20% do potássio é removido, o que provavelmente corresponde à moscovite e às partículas que contêm albite e feldspato potássico. Isso é esperado, uma vez que, o feldspato potássico tem uma densidade de 2,56 g/cm^3. Portanto, para separar ainda mais o feldspato potássico, um meio de densidade mais baixa teria de ser usado, o que aumentaria as perdas de lítio. No entanto, usando um meio denso de 2,5 g/cm^3, como exemplo, 80% do potássio é removido, bem como 95% do sódio, enquanto se perde apenas 22-27% do lítio.

Em resumo, os próximos passos para o teste seriam restringir qual a densidade específica que é mais eficiente para separar os minerais enquanto minimiza as perdas de lítio. Também deverá ser determinado se uma separação em dois estágios seria benéfica e, mais importante que os mesmos resultados aumentem de escala dos testes de laboratório. Existem muitos benefícios significativos fornecidos pela separação em meio denso, como pode ser visto pelos resultados do trabalho laboratorial desenvolvido.

Em primeiro lugar, com base nos resultados da flutuação, é necessário um método para separar a petalite dos outros minerais, ao mesmo tempo que minimiza as perdas e a separação em meios densos se mostra viável. Em segundo lugar, até aproximadamente 25-41% da massa do material amostral acima de 600 µm pode ser rejeitado ainda antes do início das etapas de flutuação. Isso poderia reduzir os custos de OPEX e CAPEX, além de reduzir o tamanho do circuito de flutuação. Como a flutuação da petalite é realizada com um pH muito baixo e o consumo de reagente é alto, a separação em meio denso seria benéfica para limitar possíveis

efeitos ambientais. Por último, o teor de Li_2O no material grosseiro pode melhorar entre para valores de 1,2-3,3% antes da flutuação, simplificando a complexidade do circuito de flutuação e permitindo maior flexibilidade na operação e produtos potenciais produzidos.

O facto da separação em meio denso, rejeitar parte dos minerais de ganga em um tamanho grosseiro diminuirá também, os custos de CAPEX e OPEX do circuito de moagem. A separação em meio denso também possui a vantagem de que, por depender da separação por densidade, nenhum produto químico estará a ser utilizado no seu processo. O meio de separação ferromagnético é principalmente reciclável e é recuperado dos produtos "sink & float" com peneiramento e separação magnética.

2.1.4. Espessamento

Estes testes de desidratação/espessamento fazem parte do trabalho dos testes de beneficiamento do minério da concessão do "Romano". Nos subcapítulos seguintes, estarão inclusos resultados dos testes de espessamento de alta taxa para a amostra de rejeitado final e teste de sedimentação para a amostra de concentrado do teste do ciclo de flutuação fechado para o minério de lítio. Os testes de espessamento e sedimentação foram realizados no Centro de Pesquisa Metso - Outotec em Pori, Finlândia.

2.1.4.1. Objetivo

O objetivo deste teste era conduzir o trabalho de espessamento de alta taxa para a amostra de rejeitado final resultante do teste de ciclo fechado. Os objetivos do trabalho de teste a determinar:

- Tipo de floculante
- Dose de floculante - g/t
- Densidade de alimentação de lama - % de sólidos (w/w)
- Taxa de carregamento de sólidos - t/(m²h)
- Taxa de aumento - m/h
- Densidade do "underflow"- % de sólidos (w/w)
- "Overflow clarity" - mg/l ou "clarity wedge"
- "Underflow" tensão de rendimento - Pa

Os valores de taxa de alimentação de sólidos e objetivos para o espessamento não eram conhecidos durante o trabalho desenvolvido. Esta informação estará disponível posteriormente.

A Figura 218 mostra a unidade de teste do espessador de alta taxa que foi usado nestes testes de espessamento elaborados.

Figura 218 - Outotec Supaflo 99 mm de diâmetro - Espessador de alta taxa

2.1.4.2. Método dos testes de espessamento

2.1.4.2.1. Caracterização da amostra

A densidade preliminar de % de sólidos (w/w) da pasta e as amostras de "underflow" que foram geradas a partir de cada teste de espessamento foram calculadas com base na densidade específica de sólidos fornecida (SG). Para confirmar, as amostras foram secas durante a noite em um forno pré-ajustado a 60 °C.

O teor de sólidos suspensos totais (TSS) em amostras de transbordamento coletadas de cada teste dinâmico foi determinado filtrando o licor de transbordamento através de um disco Millipore 0,8 µm pré-pesado usando uma unidade de filtração a vácuo. Os sólidos filtrados foram lavados com água e secos em um forno pré-ajustado a 60 °C. Os discos de filtro foram pesados e o teor total de sólidos suspensos foi calculado.

A distribuição do tamanho de partículas de sólidos (PSD) foi determinada com um analisador Malvern 3000 Laser. A gravidade específica dos sólidos foi medida com um picnómetro AccuPyc 1330.[3]

2.1.4.2.2. Triagem do floculante

A triagem do floculante é um procedimento de teste de lote estático que compara uma variedade de floculantes para determinar qual produz a taxa de sedimentação mais rápida com o transbordamento melhor com uma dosagem mais baixa.

Os testes de triagem do floculante foram feitos usando os seguintes floculantes apresentados no Quadro 72.

Quadro 72 - Floculantes testados

	Type		Charge	Molecular weight
BASF	Magnafloc	351	Nonionic	High
	Magnafloc	10	Slightly anionic	Very high
	Magnafloc	155	Anionic	High

Os resultados da triagem do floculante não devem ser vistos como uma garantia fixa num fornecedor em particular e outros produtos equivalentes poderão ser usados. Uma triagem adicional de floculante pode alcançar melhores resultados.

2.1.4.2.3. Otimização da diluição de alimentação

Os testes de diluição foram conduzidos usando o método de teste de diluição ideal da Outotec. O método de diluição ideal da Outotec encontra a concentração máxima de sólidos de alimentação para uma floculação eficiente com Vane Feedwell da Outotec.

2.1.4.2.4. Método de teste de espessamento dinâmico geral

As amostras foram espessadas dinamicamente na plataforma de 99 mm. Para cada teste, a pasta fluida foi retirada de um recipiente agitado por uma bomba peristáltica de velocidade variável e diluída conforme necessário em tempo real utilizando uma segunda bomba.

[3] A distribuição do tamanho das partículas por meio do dimensionamento a laser deve ser considerada apenas como indicativo. Existem inúmeros fatores, como viscosidade da pasta, tamanho de partícula, forma e gravidade específica que podem impactar nesta técnica PSD. Quando esses fatores forem provavelmente significativos, outras técnicas de dimensionamento devem ser consideradas.

O floculante foi adicionado a uma taxa de fluxo definida, mas em uma faixa de concentrações para fornecer a dosagem necessária para cada teste. A solução do floculante foi hidrolisada em água da torneira Pori a 0,25% p/v (2,5 g/L) e, em seguida, diluída conforme necessário com salmoura. O floculante diluído foi dosado metade na linha de diluente e metade na linha de alimentação diluída mais a jusante.

O leito de sólidos floculado foi varrido continuamente a 2 rpm com duas estacas rotativas, em conjunto com duas estacas estacionárias, para auxiliar a desidratação. As amostras de transbordamento/"overflow" foram coletadas a uma altura do leito de 160 mm apenas na abertura da descarga do poço de alimentação. As amostras do "underflow" foram retiradas a uma altura do leito de 240 mm usando uma bomba de deslocamento positivo.

As amostras de "overflow"/transbordamento foram analisadas para determinar o conteúdo de sólidos suspensos conforme descrito acima no subcapítulo 2.1.4.2.1. As amostras do "underflow" foram coletadas e pesadas em um frasco, a concentração de sólidos foi então determinada conforme descrito acima no subcapítulo 2.1.4.2.1.

2.1.4.2.5. Tensão de escoamento inferior/"Underflow yield stress"

A tensão de escoamento inferior/"underflow yield stress" foi medida usando o reómetro Thermo Haake VT550 e uma palheta de 4 lâminas OK-600 feita sob medida. O método mede a tensão de cisalhamento em relação ao tempo com o pico desta curva igualando a tensão de escoamento. Foi utilizada uma taxa de cisalhamento constante de 0,1 seg-1. Para cada amostra de "underflow" do teste dinâmico, foi medida uma tensão de escoamento de palheta não cortada simples.

A tensão de escoamento inferior não cisalhada é medida para gerar dados para uso no dimensionamento do tamanho da pá do espessador a utilizar; não se destinando a ser usado para qualquer outro fim.

2.1.4.3. Testagem dos produtos resultantes do espessamento

As seguintes amostras foram testadas e apresentam-se nos pontos abaixo:

Tipos de amostra testados. Tipo de processo/produto

Produto: *Tailings*/Rejeitados finais a partir do teste de flutuação em ciclo fechado - Slurry as tested – tailings

- Temperatura : 21 °C
- Densidade : 10 % sólidos (w/w)
- Sólidos SG : 2.623 t/m^3
- pH : 2.5
- Liquor SG : 1.118 kg/l
- Sizing Dv80 : 151 µm (Difração laser)
- Fase sólidos

Composição: “Tailings”/rejeitados

- Fase líquida

Composição: “Brine” (10 % NaCl, 10 % KCl)

- Elementos corrosivos: Cloretos, pH baixo

Produto: Concentrado obtido a partir do teste de flutuação de ciclo fechado (pasta de minério de lítio) - concentrado

- Temperatura : 21 °C
- Densidade : 10 % sólidos (w/w)
- Sólidos SG : 2.438 t/m^3
- pH : 2.5
- Liquor SG : 1.00 kg/l
- Sizing Dv80 : 139 µm (Difração laser)
- Fase sólidos:

Composição : Concentrado de lítio

- Fase líquida

Composição : Água da torneira com pH ajustado

- Elementos corrosivos: pH baixo

2.1.4.4. Resultados do teste de espessamento

2.1.4.4.1. Rejeitados/"tailings" finais

A amostra de rejeitado final apresenta-se como sólidos secos e foi preparada e diluída com uma salmoura para o teste de espessamento. A salmoura era uma solução de NaCl a 10% e KCl a 10%.

Durante a triagem do floculante, o teste de peneiramento do floculante foi conduzido na amostra em testes de cilindro estático na densidade de alimentação da pasta de 10% de sólidos (w/w). Os resultados relativamente ao floculante são representados na Figura 219 e Figura 220.

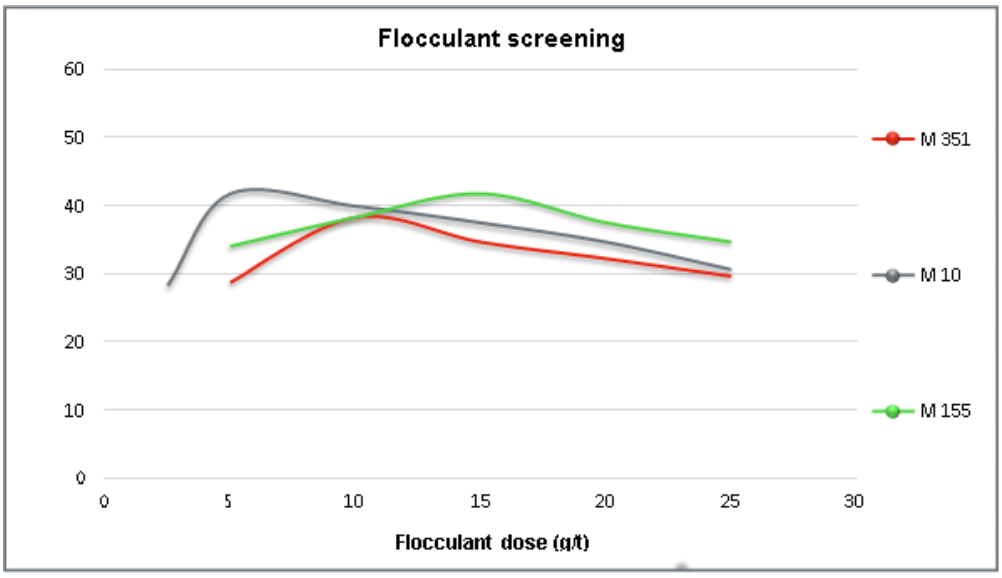


Figura 219 - Dose de floculante versus taxa de sedimentação

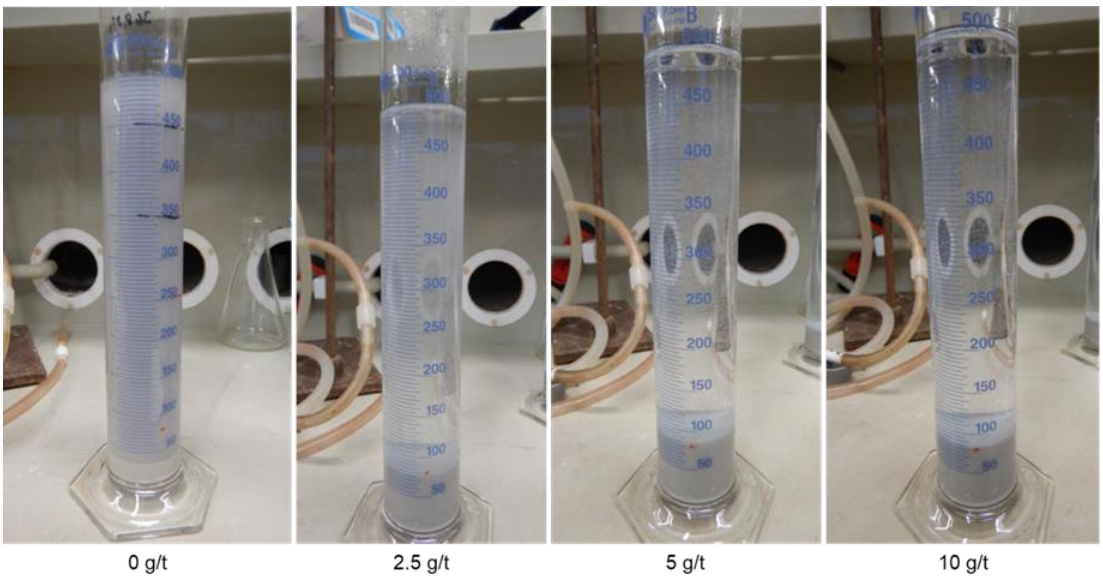


Figura 220 - Dose de floculante BASF Magnafloc 10 versus transbordamento

Relativamente à otimização da diluição de alimentação, foi utilizado através do método de teste de diluição de alimentação ideal da Outotec, a diluição de alimentação ideal do espessante, que foi determinada como sendo mais de 20% de sólidos (w/w), no entanto o trabalho de teste dinâmico foi conduzido em 10% de sólidos (w/w), pois esta será a densidade de alimentação para o espessador.

No que concerne ao teste de espessamento dinâmico, foi realizado apenas um teste de espessamento de alta taxa, devido à quantidade limitada de amostra. A amostra foi preparada para uma densidade de alimentação de 10% de sólidos (w/w) usando uma salmoura.

Quadro 73 - Resultados do teste de espessamento dinâmico: rejeitados finais

Test	Feed		Flocculant		Underflow		Overflow
Run	Flux rate	Rise rate	Type	Dose	Meas. solids	Yield stress	Solids content
No.	(t/(m²h))	(m/h)		(g/t)	(% (w/w))	(Pa)	(mg/l)
1	0.50	4.16	M 10	10	67.2	171	345

O teste foi realizado a uma taxa de fluxo de 0,50 t/(m²h) e com uma dose de floculante de 10 g/t. Foi alcançada uma alta densidade de "underflow" de 67,2% de sólidos (w/w). A tensão de escoamento não cortada medida foi de 171 Pa. O teor de sólidos de transbordamento foi ligeiramente alto, tendo atingido os 345 mg/l de sólidos suspensos. Durante o desenvolvimento do teste, alguma formação de espuma foi observada no transbordamento e esta é a razão para o teor de sólidos suspensos ligeiramente alto no transbordamento.

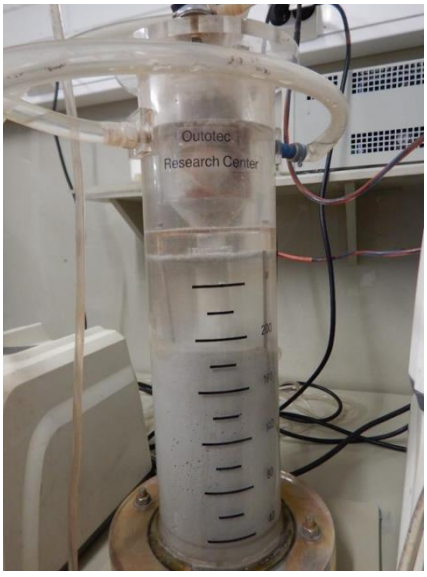


Figura 221 - Ensaio de espessamento dinâmico de amostra de rejeitados finais

2.1.4.4.2. Concentrado

Apenas o teste de dosagem de floculante foi realizado para o concentrado, pois a quantidade de amostra foi limitada em cerca de 350 g (sólidos secos). No teste de dosagem do floculante, um floculante BASF Magnafloc 10 foi selecionado para a amostra de concentrado, porque foi utilizado para amostra de rejeitados. O teste de dosagem de floculante foi conduzido na amostra em testes de cilindro estático com densidade de alimentação de pasta de 10% de sólidos (w/w). Os resultados podem ser vistos na Figura 222, Figura 223 e Figura 224.

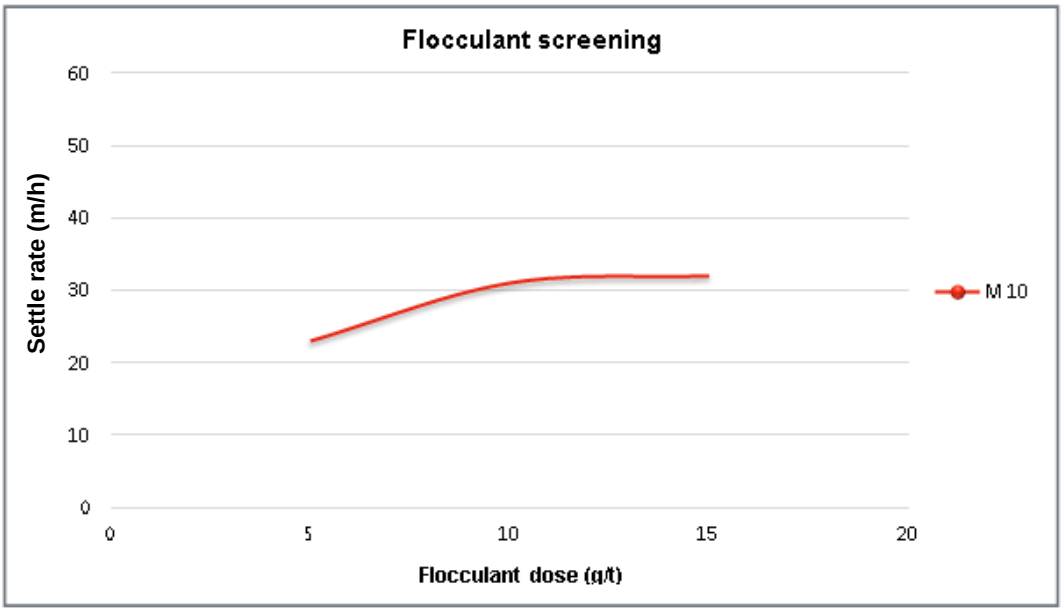


Figura 222 - Dose de floculante versus taxa de sedimentação

A amostra continha muita espuma e a taxa de sedimentação precisa era uma medida impossível, o teste de espessamento de alta taxa deve ser realizado para este tipo de material de amostra para obter informações sobre as propriedades de espessamento das amostras. A quantidade de amostra necessária para um teste de espessamento de alta taxa é de cerca de 3 kg de sólidos secos.

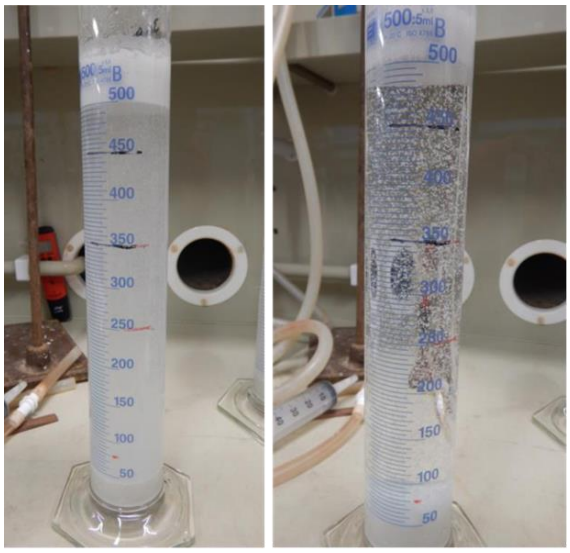


Figura 223 - Dose de floculante Magnafloc 10 versus clareza de transbordamento visualmente. A amostra incluiu muita espuma e a taxa de sedimentação foi impossível de medir

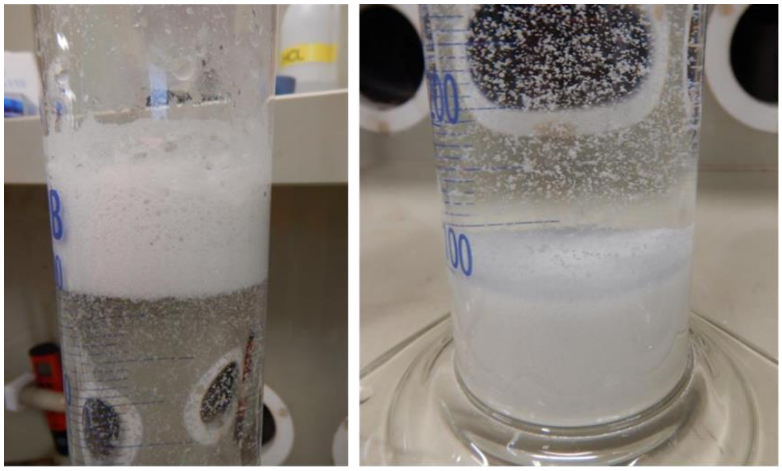


Figura 224 - Formação de espuma durante o teste de sedimentação

2.1.4.4.3. Conclusões

Os resultados dos testes desenvolvidos são apenas preliminares, porque as quantidades de amostra disponíveis para o teste de desidratação/espessamento eram muito limitadas.

Rejeitados finais

No que se relaciona aos rejeitados finais, o trabalho nas amostras de rejeitados finais mostrou que os materiais podem ser espessados com sucesso.

A densidade do underflow de 67,2% de sólidos (w/w) e o conteúdo de sólidos suspensos de overflow de 345 mg/l foram alcançados a uma taxa de fluxo sólido de 0,50 t/(m²h) com uma

dose de floculante BASF Magnafloc 10 de 10 g/t. A tensão de escoamento não cisalhada do underflow foi de 171 Pa. Durante o decorrer dos testes, alguma formação de espuma foi observada e esta é a razão para o alto teor de sólidos suspensos no overflow.

Concentrado

A quantidade de amostra foi muito limitada e apenas o teste de dosagem de floculante foi realizado para a amostra de concentrado. O teste de dosagem de floculante com um floculante BASF Magnafloc 10 mostrou que, a dosagem suficiente pode ser próxima de 10 g/t. A amostra continha muita espuma e a taxa de sedimentação precisa era uma medida impossível de mensurar, o teste de espessamento de alta taxa deve ser realizado para este material de amostra para obter melhores informações sobre as propriedades de espessamento das amostras. Deve haver redução de espuma e sistema de controle no espessador do concentrado para evitar perdas de concentrado no transbordamento. Todos os resultados são baseados nas amostras testadas, com as condições especificadas no subcapítulo 2.1.4.2.4.

Result Analysis Report

Outotec

Measurement Details

Sample Name	Average of 'Vedenpoistokoe / Final tailings'
Tilinumero/Tutkija	6265396-0040/3 MAIJALI
Tekijä	MJ
Näytenumero	20TT12427

Measurement Details

Analysis Date Time	9/12/2020 3:33:44 AM
Measurement Date Time	9/12/2020 3:33:44 AM
Result Source	Averaged

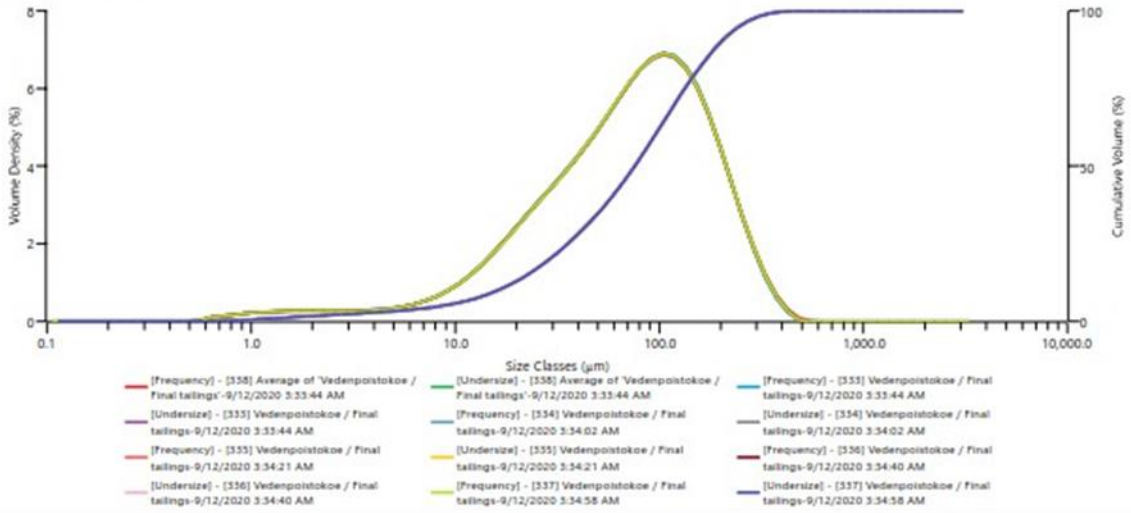
Analysis

Particle Name	ORC
Dispersant Name	Water
Dispersant Refractive Index	1.330
Scattering Model	Fraunhofer
Analysis Model	General Purpose
Weighted Residual	0.17 %
Laser Obscuration	9.24 %
Laser Power	76.62 %
Stirrer Speed Demand	3200 rpm
Ultrasound Demand	0 %
Is Dry Accessory?	No
Feed Rate Demand	
Air Pressure Demand	

Result

Concentration	0.0313 %
Span	2.436
Uniformity	0.761
Specific Surface Area	245.0 m^2/kg
D [3,2]	24.5 µm
D [4,3]	94.4 µm
Dv (10)	16.2 µm
Dv (20)	29.0 µm
Dv (50)	75.7 µm
Dv (80)	151 µm
Dv (90)	201 µm
Average Result Records	333, 334, 335, 336, 337

Frequency (compatible) and Undersize



Result

Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under
0.100	0.00	10.0	5.71	106	64.76	710	100.00
0.300	0.00	20.0	12.96	150	79.64	850	100.00
0.500	0.00	25.0	16.92	212	91.61	1180	100.00
1.00	0.50	32.0	22.29	300	97.93	1700	100.00
2.00	1.61	38.0	26.67	425	99.88	2360	100.00
3.00	2.29	45.0	31.46	500	100.00	3350	100.00
4.00	2.79	53.0	36.67	550	100.00		
5.00	3.24	75.0	49.64	600	100.00		

Malvern

Malvern Instruments Ltd.
www.malvern.com

Mastersizer - v3.81
Page 1 of 1

9.Syyskuu
Created: 5/17/2019
Printed: 9/12/2020 3:42 AM

Figura 225 - Distribuição do tamanho de partícula (difração a laser) – rejeitados finais

Result Analysis Report

Outotec

Measurement Details

Sample Name	Average of 'Vedenpoistokoe / Concentrate'
Tilinumero/Tutkija	6265396-0040/3 MAIJALI
Tekijä	MJ
Näytenumero	20TT12428

Measurement Details

Analysis Date Time	9/12/2020 3:51:32 AM
Measurement Date Time	9/12/2020 3:51:32 AM
Result Source	Averaged

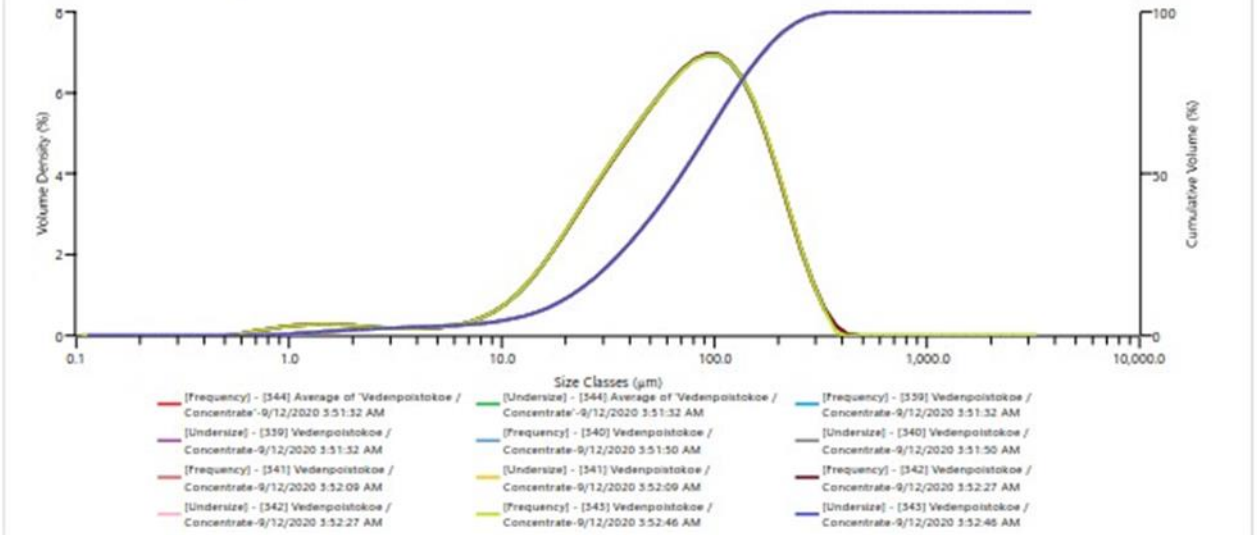
Analysis

Particle Name	ORC
Dispersant Name	Water
Dispersant Refractive Index	1.330
Scattering Model	Fraunhofer
Analysis Model	General Purpose
Weighted Residual	0.16 %
Laser Obscuration	7.42 %
Laser Power	76.62 %
Stirrer Speed Demand	3200 rpm
Ultrasound Demand	0 %
Is Dry Accessory?	No
Feed Rate Demand	
Air Pressure Demand	

Result

Concentration	0.0257 %
Span	2.335
Uniformity	0.727
Specific Surface Area	237.6 m^2/kg
D [3,2]	25.3 µm
D [4,3]	87.5 µm
Dv (10)	16.3 µm
Dv (20)	29.9 µm
Dv (50)	70.5 µm
Dv (80)	139 µm
Dv (90)	183 µm
Average Result Records	339, 340, 341, 342, 343

Frequency (compatible) and Undersize



Result

Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under
0.100	0.00	10.0	4.50	106	66.25	710	100.00
0.300	0.00	20.0	11.40	150	83.06	850	100.00
0.500	0.00	25.0	15.70	212	93.99	1180	100.00
1.00	0.49	32.0	21.62	300	99.07	1700	100.00
2.00	1.69	38.0	26.90	425	100.00	2360	100.00
3.00	2.25	45.0	32.46	500	100.00	3350	100.00
4.00	2.58	53.0	38.42	550	100.00		
5.00	2.84	75.0	52.66	600	100.00		

Malvern

Malvern Instruments Ltd.
www.malvern.com

Mastersizer - v3.81
Page 1 of 1

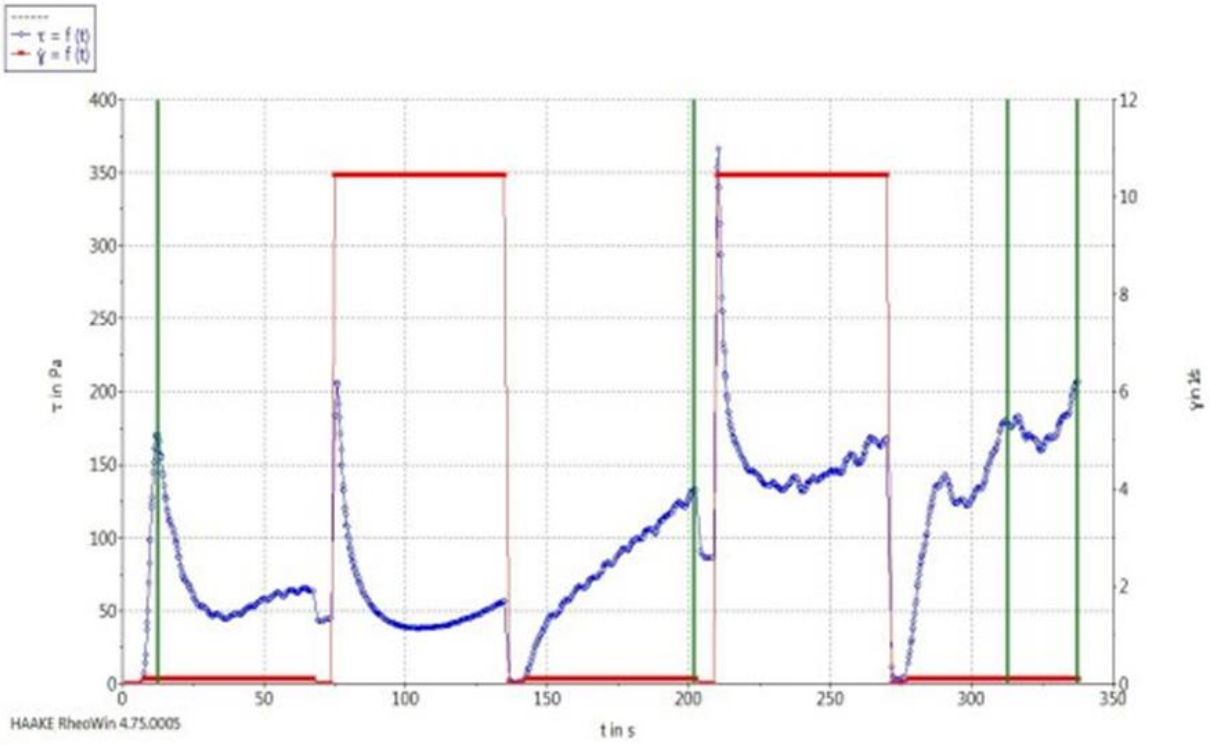
9.Syyskuu
Created: 5/17/2019
Printed: 9/12/2020 3:58 AM

Figura 226 - Distribuição do tamanho de partícula (difração a laser) – concentrado

HAAKE RheoWin 4.75.00 Page 1

Company	Outotec	**Measuring device**	VT550		
Operator	Outotec	**Temperature device**			
Date/Time	19.08.2020 / 11:56:02	**Measuring geometry**	OK600	**Gap**	1,000 mm
Substance	OK600 SD YS / Shear / YS / Shear / YS Progra	**A-factor**	2,110e+04 Pa/Nm		
Sample no	Beaker	**M-factor**	1,996 (1/s)/(rad/s)		
Description					

Comment



Filename: ------

Job: C:\Users\Public\Documents\Thermo\RheoWin\JOBS\OK600YIELDDOUBLESHEAR.rwj

Element definition / Notes

ID 2: Rot Time; CR; 0,000 1/s; t 5,00 s; #10; T 23,00 °C;
ID 3: Rot Time; CR; 0,1045 1/s; t 60,00 s; #300; T 23,00 °C;
ID 4: Rot Time; CR; 0,000 1/s; t 5,00 s; #10; T 23,00 °C;
ID 5: Rot Time; CR; 10,45 1/s; t 60,00 s; #300; T 23,00 °C;
ID 6: Rot Time; CR; 0,000 1/s; t 5,00 s; #10; T 23,00 °C;
ID 7: Rot Time; CR; 0,1045 1/s; t 60,00 s; #300; T 23,00 °C;
ID 8: Rot Time; CR; 0,000 1/s; t 5,00 s; #10; T 23,00 °C;
ID 9: Rot Time; CR; 10,45 1/s; t 60,00 s; #300; T 23,00 °C;
ID 10: Rot Time; CR; 0,000 1/s; t 5,00 s; #10; T 23,00 °C;
ID 11: Rot Time; CR; 0,1045 1/s; t 60,00 s; #300; T 23,00 °C;

Evaluation

ID 12-2: Curve discussion :

Method	t in s	τ in Pa
Greatest value	12,57	171,1
Maximum	12,41	170,0

ID 13-2: Curve discussion :

Method	t in s	τ in Pa
Greatest value	202,0	133,6

ID 14-2: Curve discussion :

Method	t in s	τ in Pa
Greatest value	337,3	207,0
Maximum	312,6	179,9

Figura 227 - Curvas reológicas das amostras espessadas do "underflow". *A amostra de UF assentou mais quando a tensão de escoamento foi medida

2.1.5. Filtração

Os testes de desidratação/filtração fazem parte do trabalho de testes para beneficiamento do minério da concessão do “Romano”. Assim, descrever-se-ão os resultados dos testes de filtração a vácuo para os rejeitados finais e para a amostra de concentrado resultante do teste de ciclo de flutuação fechada do minério de lítio. Os testes de espessamento e sedimentação foram realizados no Centro de Pesquisa Metso - Outotec em Pori, Finlândia.

2.1.5.1. Objetivo

O objetivo do desenvolvimento destes testes eram um trabalho laboratorial de testes de filtração para os rejeitados finais e para a amostra de concentrado resultante do teste de flutuação em ciclo fechado. Os objetivos do trabalho de teste são determinar:

- Capacidade de filtração;
- Teor de humidade do “cake”;
- Beneficiação/tratamento do “cake”;

Os valores da taxa de alimentação de sólidos e objetivos para a filtração não eram conhecidos durante os trabalhos. Essas informações estarão disponíveis posteriormente. A Figura 228 mostra as unidades de teste de desidratação/filtração que foram utilizadas nesta campanha de testes desenvolvidos.

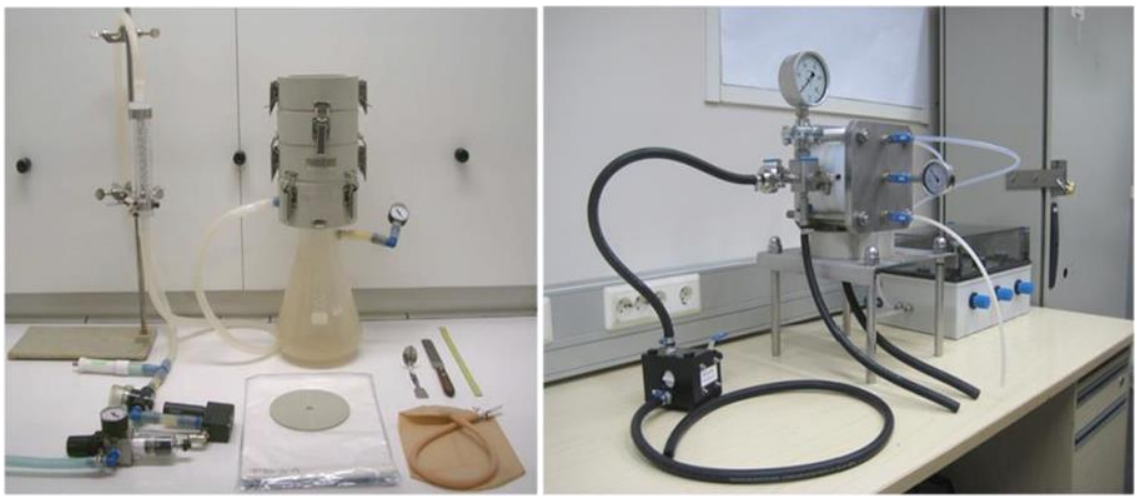


Figura 228 - Outotec Larox® Büchner e Labox 100 unidades de teste em escala de bancada

2.1.5.2. Caracterização da amostra

Primeiramente, refere-se que todo o trabalho laboratorial foi realizado à temperatura de 21 ° C. O teor de sólidos nas amostras de lamas de alimentação foi determinado após a pesagem de 100 a 250 ml de lamas e filtrando-as através de papel de filtro Whatman 3 pré-pesado usando uma unidade de filtração a vácuo. Os sólidos recolhidos foram lavados minuciosamente com água da torneira antes da secagem em forno a 105 ° C. Os sólidos e o papel de filtro foram então pesados novamente para determinar o teor de sólidos nas lamas.

As amostras do "cake" de cada teste de filtração foram secas no forno durante a noite a 105 ° C para determinar o teor de humidade do "cake". O conteúdo de sólidos dos filtrados foi medido filtrando uma amostra filtrada através de um disco Millipore (tamanho do poro de 0,8 µm). A gravidade específica dos sólidos das amostras foi medida com um AccuPyc 1330.

A análise do tamanho de partícula a partir de laser foi realizada para confirmar a distribuição do tamanho de partículas de amostras (PSD) com um Malvern 3000.[4]

2.1.5.3. Método de filtração por correia de vácuo

Os testes de filtração a vácuo foram realizados com um kit de teste de filtração Büchner (Figura 228). Esta unidade de teste Büchner é um kit fácil de manobrar e confiável para coletar muitos dos dados essenciais para o dimensionamento dos filtros de correia de vácuo Outotec Larox® (VBF) horizontais. No trabalho realizado durante o teste é adicionando um volume conhecido de lamas ao funil do Büchner.

Assim, foi ligado o vácuo e registado o tempo necessário para o líquido recuar pela superfície do "cake" sólido e o tempo necessário para remover a maior parte do líquido do "cake". A unidade de teste Büchner tem uma área de filtração de 0,01 m².

A Figura 229 representa o processo de filtração a vácuo conforme realizado no ciclo de filtração da unidade de produção. A figura mostra a configuração do Outotec Larox RB-SV. Nos filtros de correia horizontais do tipo RB-SV, a lama é alimentada continuamente no filtro de correia e o tecido é suportado por uma correia de borracha com ranhuras.

[4] A distribuição do tamanho das partículas por meio do dimensionamento a laser deve ser considerada apenas como indicativo. Existem vários fatores, como viscosidade da lama, tamanho de partícula, forma e gravidade específica que podem impactar esta técnica PSD. Quando esses fatores forem provavelmente significativos, outras técnicas de dimensionamento devem ser consideradas.

Portanto, o vácuo é aplicado recorrendo à caixa de vácuo e o filtrado flui ao longo das ranhuras em direção à lateral da correia, onde passa por uma série de orifícios na caixa de vácuo. O componente sólido permanece no tecido do filtro e forma um "cake" filtrado.

O filtrado é separado na caixa de vácuo, onde há conexões para os sistemas de vácuo e filtrado. O "cake" filtrado é seco através de uma aspiração do ar através dele. O tecido de filtro em movimento contínuo transporta a "cake" filtrado até o final do filtro, onde é descarregado com um raspador de "cake" ou um fio.

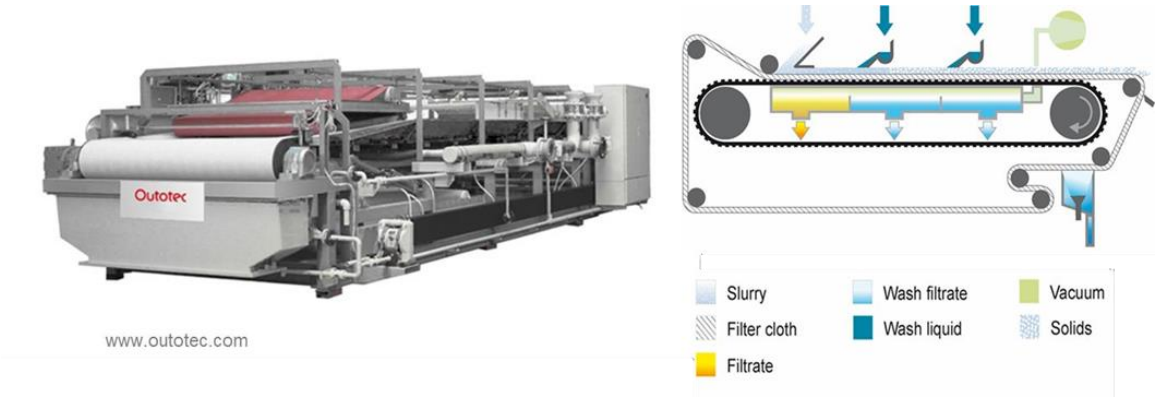


Figura 229 - Etapas da operação do filtro de correia de vácuo Outotec Larox® e filtro de correia de borracha RB-SV com lavagem do "cake"

2.1.5.4. Método de filtração do filtro prensado

O filtro Outotec Larox® FP/FFP tem o mesmo princípio básico do filtro Outotec Larox® PF, mas possui câmaras de filtro verticais. A lama é bombeada através do canal de alimentação para as câmaras do filtro simultaneamente. Durante a filtração, os sólidos são capturados pelo tecido do filtro em ambos os lados da câmara para formar um "cake" com o filtrado deslocado pelo tecido. Durante a filtração, a espessura do "cake" aumenta até que a concentração de sólidos desejada seja atingida.

O ar ou a água pressionam a membrana para dentro da câmara do filtro. A membrana reduz o volume da câmara e comprime o "cake" para remover mecanicamente o filtrado.

O ar comprimido é introduzido através do canal de filtrado nas placas de membrana e sopra através do filtrado de remoção do "cake" para obter uma humidade residual baixa. Durante a secagem, o "cake" permanece sob a pressão da membrana.

Assim que a sequência de filtração for concluída, o filtro é aberto para permitir que os "cakes" caiam do filtro. Para garantir uma filtragem consistente, muitas vezes é necessário lavar os tecidos do filtro. Esta lavagem pode ser conseguida através da descarga das placas de um coletor acima ou por uma barra de pulverização de alta pressão que passa entre as placas. As etapas de operação do Outotec Larox® FFP são descritas na Figura 230.

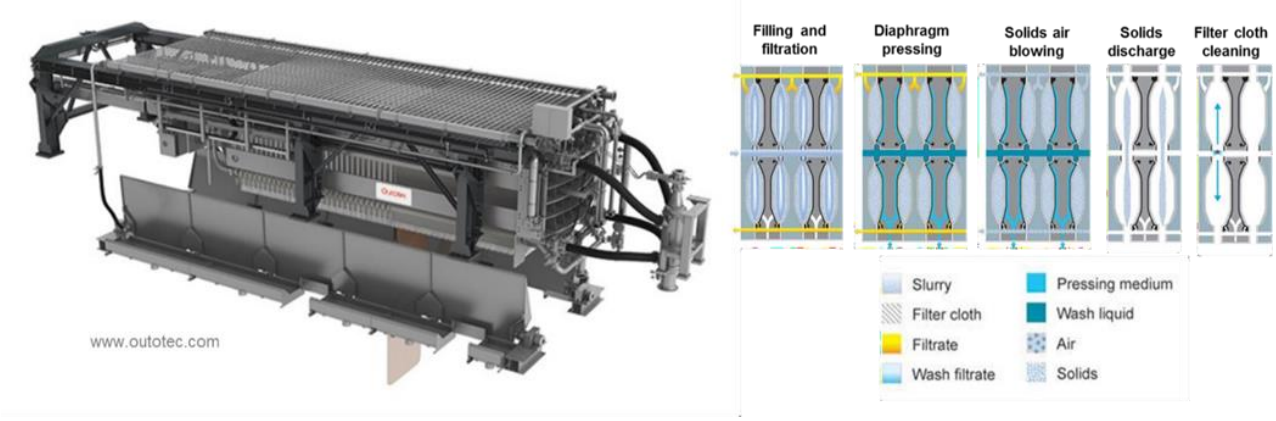


Figura 230 - Princípio de operação do filtro Outotec Larox® FP/FFP

2.1.5.5. Testagem dos produtos obtidos

No Quadro 74 apresentam-se os parâmetros medidos para as amostras de rejeitados finais e concentrado que resultaram do desenvolvimento do teste de flutuação em ciclo fechado.

Quadro 74 - Resultados do teste de espessamento dinâmico: rejeitados finais

Produto: "tailings"/rejeitados finais	
Teste às lamas – "tailings"/rejeitados finais do teste de flutuação em ciclo fechado	
Temperatura	21º C
Densidade	65 % sólidos (w/w)
Sólidos SG	2.623 t/m³
pH	2.5
Liquor SG	1.118 kg/l
Sizing Dv80	151 µm (Difração laser)
Fase sólidos Composição	"Tailings"/rejeitados
Fase líquida Composição	Salmoura (10 % NaCl, 10% KCl)
Elementos corrosivos	Cloretos, baixo pH
Tipo de processo/produto	
Produto	Concentrado
Teste às lamas – Concentrado teste de flutuação em ciclo fechado	

Temperatura	21 ˚C
Densidade	51 % sólidos (w/w)
Sólidos SG	2.438 t/m^3
pH	2.5
Liquor SG	1.00 kg/l
Sizing Dv80	139 µm (Difração laser)
Fase sólidos Composição	Concentrado
Fase líquida Composição	pH ajustado com água da torneira
Elementos corrosivos	baixo pH

2.1.5.6. Resultados dos testes de filtração

2.1.5.6.1. Rejeitados/"tailings" finais

A amostra de lamas de rejeitados finais foi testada com unidades de teste de filtração a vácuo e filtro prensado. O teste foi realizado com densidade de alimentação das lamas de 65% de sólidos (w/w) e com uma temperatura das mesmas de 21 ° C.

Filtragem por correia de vácuo (VBF)

Os seguintes resultados foram obtidos utilizando o tecido de filtro MARO S40 (Quadro 75).

Quadro 75 - Rejeitados finais: resultados do teste de filtração por correia de vácuo

Taxa de filtração específica	1 191	kg sólidos secos/m^{2}h
Humidade residual do "cake" filtrado	16.2	wt %
Espessura do "cake"	21	mm
Sólidos no filtrado	750	mg/l
Tempo total do ciclo	87	s
Separação a vácuo	0.5	bar

O "cake" formado durante a filtração foi de fácil extração do tecido do filtro. No entanto, havia uma fina camada de sólidos remanescente no tecido do filtro. O filtrado estava visualmente turvo. O teor de humidade do "cake" pode ser reduzido com aumentando o tempo de secagem ao ar ou obtendo uma espessura do "cake" mais fina, se for necessário um teor de humidade mais baixo do "cake", veja as figuras a seguir.

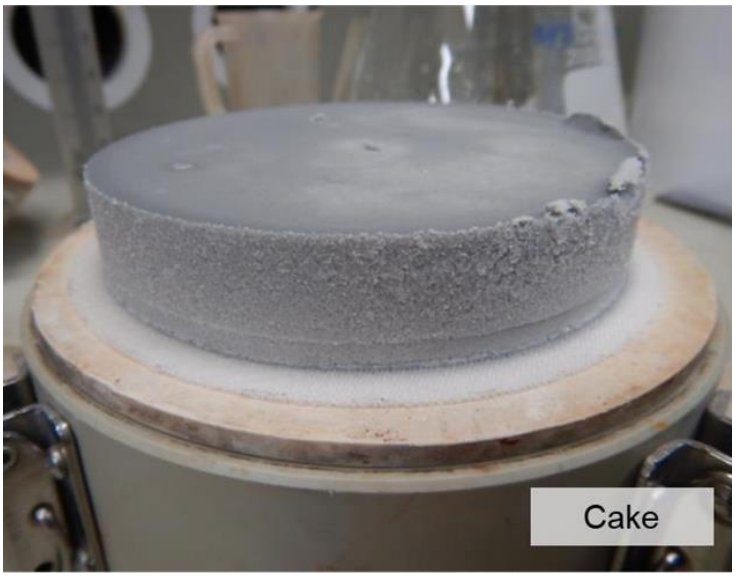


Figura 231 - Demostração do "cake" final doteste de filtragem de correia a vácuo para rejeitados finais

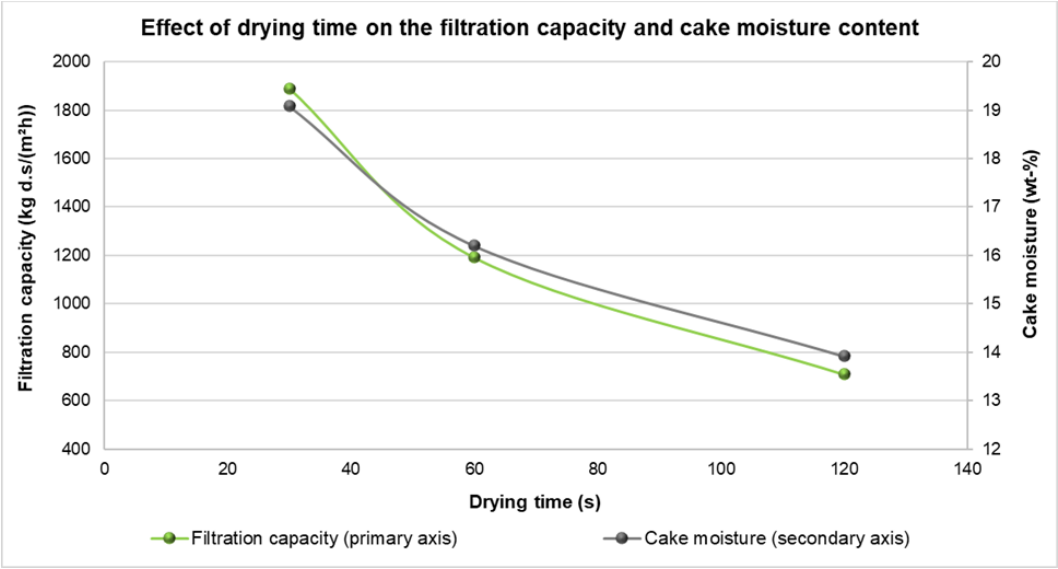


Figura 232 - Efeito do tempo de secagem na capacidade de filtração e na humidade do "cake". A espessura do "cake" foi de 21 mm

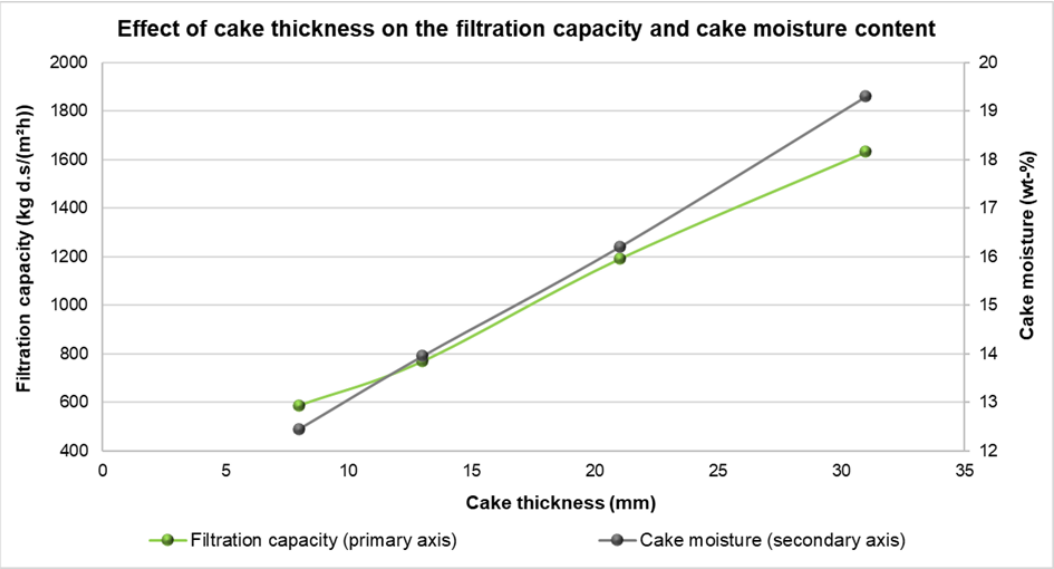


Figura 233 - Efeito da espessura do "cake" na capacidade de filtração e no teor de humidade do "cake". O tempo de secagem foi de 60 segundos

Testes de filtração com lavagem do "cake"

Foram realizados dois testes de filtração por correia a vácuo com a lavagem do "cake", se restar salmoura no "cake" deverá ser lavada e removida. A água da torneira do laboratório foi utilizada para lavar o "cake". A temperatura da água de lavagem era de 21 ° C e com um pH de 8,1.

Quadro 76 - Rejeitados finais: resultados do teste de filtração por correia a vácuo com lavagem do "cake"

Taxa de filtração específica	781	kg sólidos secos/m²h
Humidade residual do "cake" filtrado	13.5	wt %
Espessura do "cake"	21	mm
Consumo de água de lavagem	0.5	m³/t sólidos secos
Tempo total do ciclo	134	s
Separação a vácuo	0.5	bar

Este resultado demostra o quanto a capacidade de filtração diminuiu quando ocorrida a lavagem da "cake". O conteúdo restante de salmoura no "cake" filtrado após o teste de lavagem não foi analisado.

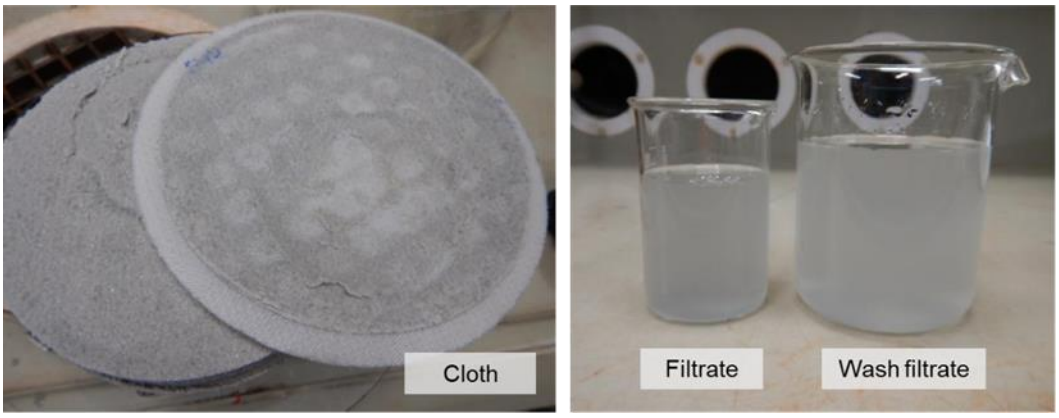


Figura 234 - Teste de filtração de correia a vácuo para rejeitados finais

Figura 235 - Os sólidos remanescentes no tecido após a descarga do "cake" são removidos facilmente com espátula. A figura ilustra que, metade do tecido estava raspado

Filtragem de filtro prensado de abertura rápida (FFP)

O teste de filtração da prensa de filtro de abertura rápida mostrou os seguintes resultados (Quadro 77).

Quadro 77 - Rejeitados finais: Resultados do teste de filtração da prensa de filtro

Taxa de filtração específica	202	kg sólidos secos/m²h
Humidade residual do "cake" filtrado	10.2	wt %
Espessura do "cake"	34	mm
Sólidos no filtrado	3.2	g/l
Tempo total do ciclo	7	min
Pressão de bombeamento	5	bar
Pressão de prensagem	12	bar
Pressão de secagem inicial do ar	3.5	bar

A altura da câmara utilizada foi de 40 mm e os tecidos foram MITO S122. A câmara foi preenchida muito rapidamente. Depois de descarregar, o "cake" quebrava facilmente, conforme comprovado pela Figura 236. O filtrado obtido estava visualmente turvo. Apenas um teste foi realizado, porque a amostra inclui partículas semelhantes a areia bastante grosseira e essas partículas grossas presas em unidades de teste de filtração em escala de laboratório bloqueiam as mangueiras na totalidade após a câmara de filtro ser preenchida com lamas.

Figura 236 - Teste de filtração de filtro prensado para rejeitados finais

2.1.5.6.2. Concentrado

A amostra de concentrado foi testada com unidades de teste de filtração a vácuo. A amostra de sólidos secos foi preparada para a forma de pasta com água da torneira com pH ajustado (pH 2,5). A amostra de concentrado foi assente em um copo cilíndrico de laboratório para o teste de filtração. A densidade do concentrado sedimentado para o teste de filtração foi de 51% de sólidos (w/w). Apenas dois testes de filtração por correia a vácuo foram realizados, porque a quantidade de amostra foi limitada em cerca de 350 g (sólidos secos).

Filtragem por correia de vácuo (VBF)

A densidade de alimentação do concentrado era de 51% de sólidos (w/w). O teste foi realizado à temperatura da pasta de alimentação de 21 ° C. Os seguintes resultados são obtidos usando o tecido de filtro MARO S40 (Quadro 78).

Quadro 78 - Concentrado: resultados do teste de filtração por correia de vácuo

Taxa de filtração específica	1151	kg sólidos secos/m^{2}h
Humidade residual do "cake" filtrado	12.3	wt %
Espessura do "cake"	10	mm
Sólidos no filtrado	Visualmente	claro
Tempo total do ciclo	34	s
Separação a vácuo	0.3	bar

A filtração começou antes que o vácuo fosse ligado. O “cake” formado foi fácil de remover do tecido do filtro. No entanto, havia uma fina camada de sólidos remanescente no tecido do filtro. Os sólidos remanescentes no tecido após a descarga do “cake” são removidos facilmente com uma espátula. O filtrado obtido era visualmente claro, como demostrado pela Figura 237.

Figura 237 - Teste de filtragem de correia de vácuo para o concentrado

2.1.5.7. Conclusões

O trabalho de teste nas amostras mostrou que os materiais podem ser filtrados com sucesso usando as tecnologias de filtração Metso Outotec.

Rejeitos finais:

Filtragem por correia de vácuo

Com a filtração por correia a vácuo (VBF), obteve-se uma humidade do “cake” de 16,2% em peso e capacidade de filtração de 1191 kg de sólidos secos/(m²h) foi alcançada com uma espessura do “cake” de 21 mm. Durante este teste foi utilizado um tecido MARO S40 e o conteúdo do filtrado sólido foi de 750 m/l.

Filtragem de filtro prensado de abertura rápida

Com a filtração de filtro prensado de abertura rápida (FFP), foi obtida uma humidade do “cake” de 10,2% em peso e capacidade de filtração de 202 kg de sólidos secos/(m²h) foi alcançada com uma espessura do “cake” de 34 mm. Foi utilizado um tecido MITO S122 e o conteúdo do filtrado sólido era de 3,2 g/l.

Concentrado:

Filtragem por correia de vácuo

Com a filtração por correia a vácuo (VBF), foi obtida uma humidade do “cake” de 12,3% em peso e capacidade de filtração de 1151 kg de sólidos secos/(m²h) foi alcançada com uma espessura do “cake” de 10 mm. Foi utilizado um tecido MARO S40 e o filtrado era visualmente claro.

Todos os resultados são baseados nas amostras testadas, com as condições especificadas no subcapítulo 2.1.5.5 (Testagem dos produtos obtidos).

Result Analysis Report

Outotec

Measurement Details

Sample Name	Average of 'Vedenpoistokoe / Final tailings'
Tilinumero/Tutkija	6265396-0040/3 MAIJALI
Tekijä	MJ
Näytenumero	20TT12427

Measurement Details

Analysis Date Time	9/12/2020 3:33:44 AM
Measurement Date Time	9/12/2020 3:33:44 AM
Result Source	Averaged

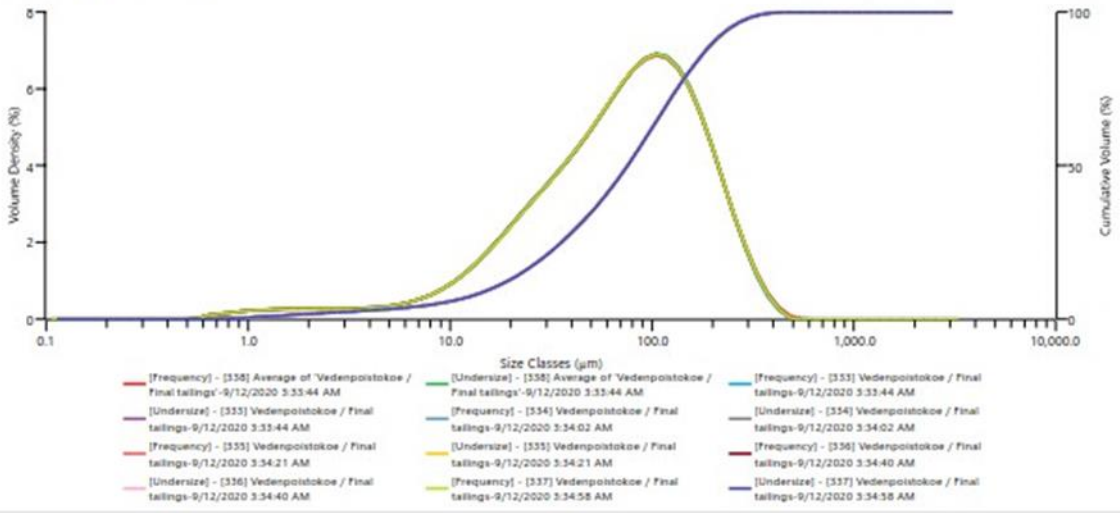
Analysis

Particle Name	ORC
Dispersant Name	Water
Dispersant Refractive Index	1.330
Scattering Model	Fraunhofer
Analysis Model	General Purpose
Weighted Residual	0.17 %
Laser Obscuration	9.24 %
Laser Power	76.62 %
Stirrer Speed Demand	3200 rpm
Ultrasound Demand	0 %
Is Dry Accessory?	No
Feed Rate Demand	
Air Pressure Demand	

Result

Concentration	0.0313 %
Span	2.436
Uniformity	0.761
Specific Surface Area	245.0 m^2/kg
D [3,2]	24.5 µm
D [4,3]	94.4 µm
Dv (10)	16.2 µm
Dv (20)	29.0 µm
Dv (50)	75.7 µm
Dv (80)	151 µm
Dv (90)	201 µm
Average Result Records	333, 334, 335, 336, 337

Frequency (compatible) and Undersize



Result

Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under
0.100	0.00	10.0	5.71	106	64.76	710	100.00
0.300	0.00	20.0	12.96	150	79.84	850	100.00
0.500	0.00	25.0	16.92	212	91.61	1180	100.00
1.00	0.50	32.0	22.29	300	97.93	1700	100.00
2.00	1.61	38.0	26.67	425	99.86	2360	100.00
3.00	2.29	45.0	31.46	500	100.00	3350	100.00
4.00	2.79	53.0	36.67	550	100.00		
5.00	3.24	75.0	49.64	600	100.00		

Malvern

Malvern Instruments Ltd.
www.malvern.com

Mastersizer - v3.81
Page 1 of 1

9.Syyskuu
Created: 5/17/2019
Printed: 9/12/2020 3:42 AM

Figura 238 - Distribuições de tamanho de partículas (difração a laser) – rejeitados finais

Result Analysis Report

Outotec

Measurement Details

Sample Name	Average of 'Vedenpoistokoe / Concentrate'
Tilinumero/Tutkija	6265396-0040/3 MAIJALI
Tekijä	MJ
Näytenumero	20TT12428

Measurement Details

Analysis Date Time	9/12/2020 3:51:32 AM
Measurement Date Time	9/12/2020 3:51:32 AM
Result Source	Averaged

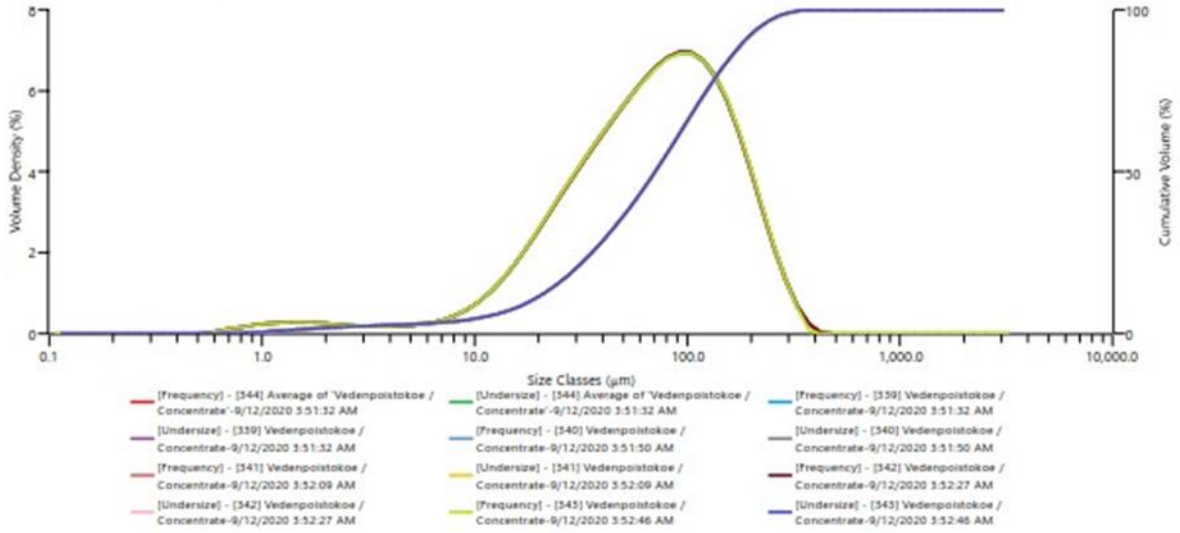
Analysis

Particle Name	ORC
Dispersant Name	Water
Dispersant Refractive Index	1.330
Scattering Model	Fraunhofer
Analysis Model	General Purpose
Weighted Residual	0.16 %
Laser Obscuration	7.42 %
Laser Power	76.62 %
Stirrer Speed Demand	3200 rpm
Ultrasound Demand	0 %
Is Dry Accessory?	No
Feed Rate Demand	
Air Pressure Demand	

Result

Concentration	0.0257 %
Span	2.335
Uniformity	0.727
Specific Surface Area	237.6 m^2/kg
D [3,2]	25.3 µm
D [4,3]	67.5 µm
Dv (10)	16.3 µm
Dv (20)	29.9 µm
Dv (50)	70.5 µm
Dv (80)	139 µm
Dv (90)	183 µm
Average Result Records	339, 340, 341, 342, 343

Frequency (compatible) and Undersize



Result

Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under	Size (µm)	% Volume Under
0.100	0.00	10.0	4.50	106	66.25	710	100.00
0.300	0.00	20.0	11.40	150	83.06	850	100.00
0.500	0.00	25.0	15.70	212	93.99	1180	100.00
1.00	0.49	32.0	21.62	300	99.07	1700	100.00
2.00	1.69	38.0	26.90	425	100.00	2360	100.00
3.00	2.25	45.0	32.46	500	100.00	3350	100.00
4.00	2.58	53.0	38.42	550	100.00		
5.00	2.84	75.0	52.66	600	100.00		

Malvern

Malvern Instruments Ltd.
www.malvern.com

Mastersizer - v3.81
Page 1 of 1

9.Syyskuu
Created: 5/17/2019
Printed: 9/12/2020 3:58 AM

Figura 239 - Distribuições de tamanho de partículas (difração a laser) – concentrado

2.2. Britagem

Para a concentração de petalite e das outras substâncias minerais de interesse, é necessária a fragmentação sequencial da rocha LCT no seu estado bruto ("ROM") e a consequente separação integral dos diferentes constituintes, recorrendo a um determinado circuito otimizado através de vários métodos específicos, i.e., cominuição ou processos de diminuição de tamanho de grão que visam a sua libertação, processos de separação granulométrica, ótica, gravítica e de flutuação por espumas. Posteriormente, os concentrados de petalite são acumulados com uma granularidade homogénea e ajustada ao tratamento químico para a produção de compostos mais puros ou elementares como o hidróxido de lítio – $LiOH.H_2O$ "battery grade".

Na etapa da transformação física do minério, o minério bruto (ROM) entendido como material com valor económico extraído que sofreu uma primeira transformação física (quebragem) é depositado no depósito de minério bruto. Mais precisamente, na exploração a céu aberto, a primeira quebragem ocorre pela operação de desmantelamento rochoso da mineradora de superfície. Por outro lado, no que concerne às rochas da exploração subterrânea, a quebragem estará afeta a um britador primário de maxilas situado no subterrâneo, que produzirá partículas até 300 mm em que cerca de 50% é > 63 mm.

O processo inicial visa a obtenção de calibres entre 30 e 40 mm, com diferentes processos físicos de diminuição granulométrica do minério.

Inicialmente, os litótipos LCT serão canalizados para três (3) etapas de cominuição (redução de tamanho de grão) a seco e posteriormente seguir-se-á uma seleção óptica do minério:

1) Quebragem (à superfície – céu aberto numa fase inicial via maquinaria de desmonte superficial – "surface mining machine" e posteriormente em profundidade através de britadores primários de maxilas (*e.g. Metso Nordberg C160*) que produzem partículas até 300 mm em que cerca de 50% é > 63 mm); este material, antes da entrada nas fases seguintes de processamento, será alvo de empilhamento em contexto céu-aberto e em seguida transportado por tela transportadora coberta até ao edifício de britagem;
2) Britador secundário de maxilas (*e.g. Metso Nordberg C120*) complementado por um britador de impacto (*e.g. Metso MB352*), alimentados pelo material empilhado e proveniente da britagem primária (ou quebragem), capazes de processarem 300 toneladas/hora; apenas as partículas superiores a 75 mm alimentam este britador após uma crivagem anterior a 75 mm;

3) Britador terciário cónico (*e.g. Metso Nordberg HP3*) alimentado por materiais acima de 35 mm após nova crivagem em dois patamares "double deck screening" (e.g. *Metso ES502*); no final desta etapa de cominuição, pelo menos 80% dos grãos tem 35 mm de calibre;
4) Por último, é realizado um "sorting" ótico do "ROM" otimizado para o intervalo granulométrico entre 30 e 40 mm para retirar do circuito possíveis materiais de natureza metassedimentar (estéril, micaxistos andaluzíticos), distinguindo estes materiais de cor escura do minério.

A britagem secundária e terciária está prevista ser realizada em circuito fechado e "indoor", ou seja, de forma automatizada e dentro de um edifício construído para o efeito que se prevê situar entre a área de extração e o espaço destinado à instalação do Complexo de Anexos Mineiros (concentrador + metalurgia) para que assim se minimize a possível emissão de poeiras e ruído associado a esta instalação. É importante ainda salientar que, ao processo de cominuição primário, secundário e terciário, estarão acoplados sistemas de redução de poeiras, como a selagem dos tapetes transportadores e ainda a pulverização esporádica (quando necessária) de gotas de água em quantidades ajustadas à melhor gestão hídrica.

Este material, tanto a céu aberto como na lavra subterrânea, será transportado para a área de deposição temporária de minério acima referida a partir da qual o minério será transportado para a Torva de Minério 1 utilizando uma tela transportador coberta (v.f. Figura 240).

Figura 240 - Transporte do Minério Bruto (Dumper) à esquerda e Tela Transportadora Coberta (à direita)

Esta área de 36 340 m^2 para o depósito de minério bruto possibilitará durante a construção da britagem e lavaria o minério extraído seja armazenado pelo período correspondente à conclusão das obras.

A Torva de Minério 1 tem como principal função controlar a entrada de minério na tela transportadora coberta que conduz 200 ton/h a 220 ton/h de minério bruto até ao Edifício de Britagem. De salientar que a utilização desta tela evita a circulação de camiões/dumpers para o

transporte do minério bruto e que pelo fato de ser coberta, evita a libertação de eventuais poeiras.

Já no interior do Edifício de Britagem, a tela transportadora descarrega o minério bruto numa outra torva, denominada de Torva de Minério 2, a partir da qual o minério é disposto num tapete alimentador que alimenta a crivagem primária. Com dimensionamento para processamento de 300 ton/hora, a crivagem primária distingue as partículas da granulometria 75 mm.

As partículas com granulometria superior a 75 mm são encaminhadas para a britagem secundária (Figura 241) enquanto as de granulometria inferior são conduzidas à crivagem secundária. A britagem secundária é composta por um britador de impacto e um moinho de maxilas garantido deste modo que todas as partículas sejam inferiores a 75 mm.

Figura 241 - Britador Secundário

Após a britagem secundária, as partículas de minério seguem para a crivagem secundária em dois patamares “double deck screening” (Figura 242), garantindo que durante as britagens ocorridas, pelo menos 80% dos grãos tem 35 mm de granulometria. As partículas inferiores a 35 mm são consideradas minério britado, o qual é armazenado temporariamente sendo direcionado para pilhas por teor segundo o modelo geológico. Este processo facilita a mistura de modo a garantir a entrada de teor mínimo na flutuação.

Figura 242 - Crivagem secundária em dois patamares "double deck screening"

Por sua vez, as partículas de minério superiores a 35 mm são encaminhadas para um moinho cónico (Figura 243) e posteriormente para a britagem terciária, a qual funciona em circuito fechado com a crivagem secundária de modo a garantir que no final do processo o material britado apresenta um calibre inferior a 35 mm.

Figura 243 - Moinho cónico

O minério britado é então direcionado para a separação ótica de forma a se retirarem do circuito as partículas de rocha com coloração escura, associadas às rochas encaixantes estéreis, restando assim as partículas claras associadas ao minério de interesse.

A separação ótica baseia-se na triagem do material através da medição da reflexão, absorção e fluorescência sendo utilizado o efeito de dispersão de vários lasers dentro de uma unidade de deteção. Estima-se que poderão ser direcionados como rocha estéril cerca de 15% do minério

britado, ou seja, entre 30 e 40 ton/h de rocha estéril que será reencaminhada por tela transportadora coberta para o depósito de estéril localizado mais a sul e que terá uma área de cerca de 12 700 m^2 (Figura 244). Este material será depois direcionado para as escombreiras de estéril a sul do céu aberto.

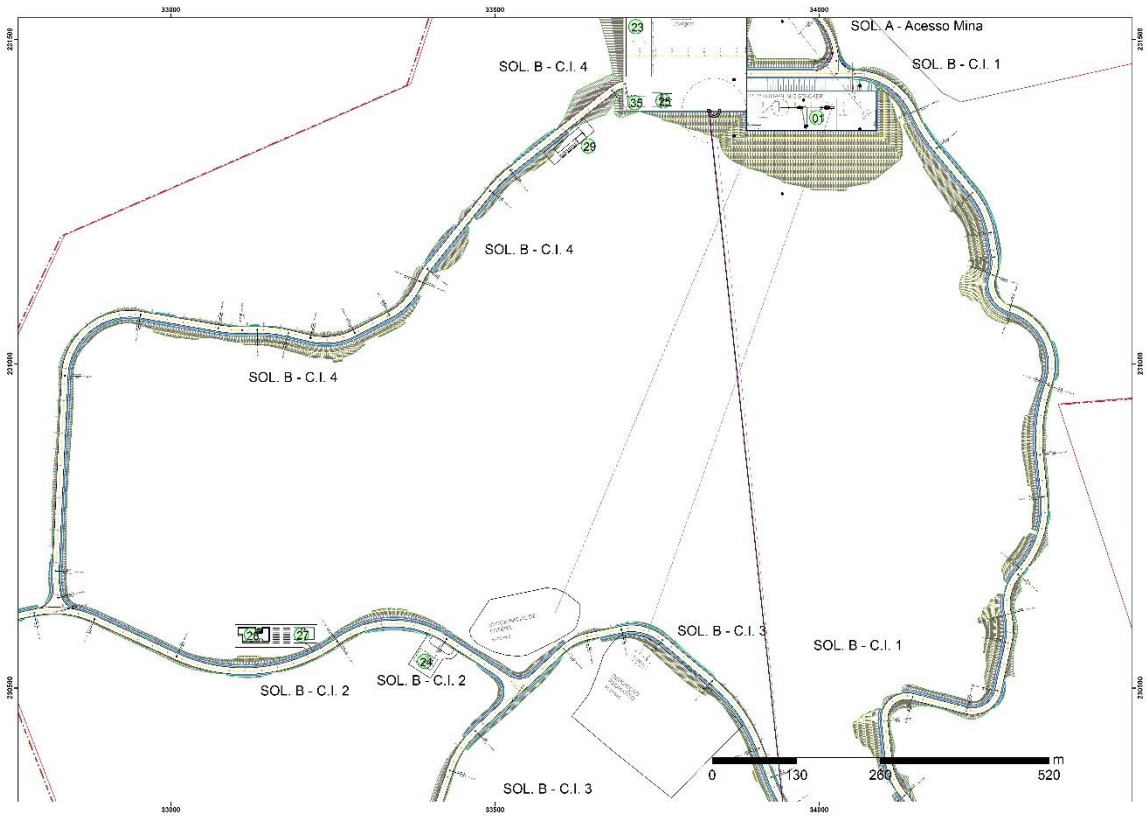


Figura 244 - Disposição da área de britagem a norte, com o depósito de minério bruto e o stock inicial de estéril, localizados a sul

A rocha de coloração clara que corresponde ao minério de interesse estima-se que apresente um caudal entre 170 ton/h e 180ton/h e será transportado do Edifício de Britagem para o Edifício de Moagem situado no Complexo de Anexos Mineiros, através de uma tela transportadora coberta. O Balanço mássico, de forma mais detalhada encontra-se no Anexo A e deverá ser consultado para evidenciar o processo de transformação física do minério.

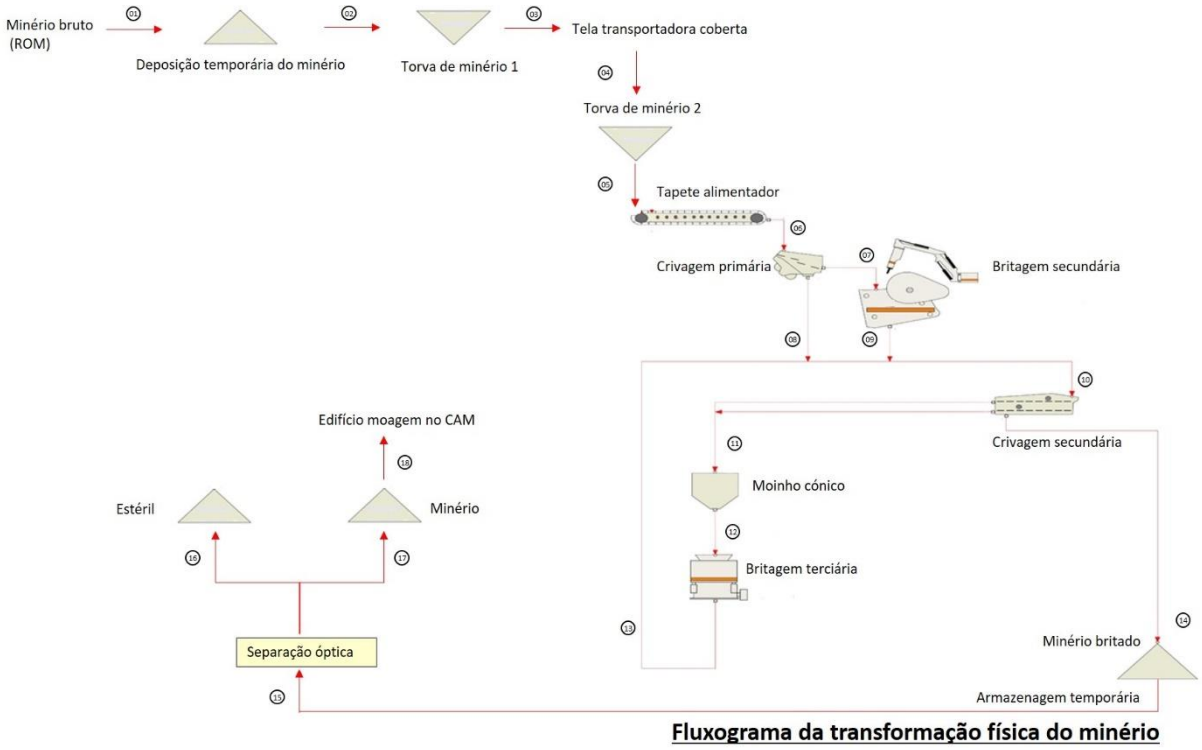
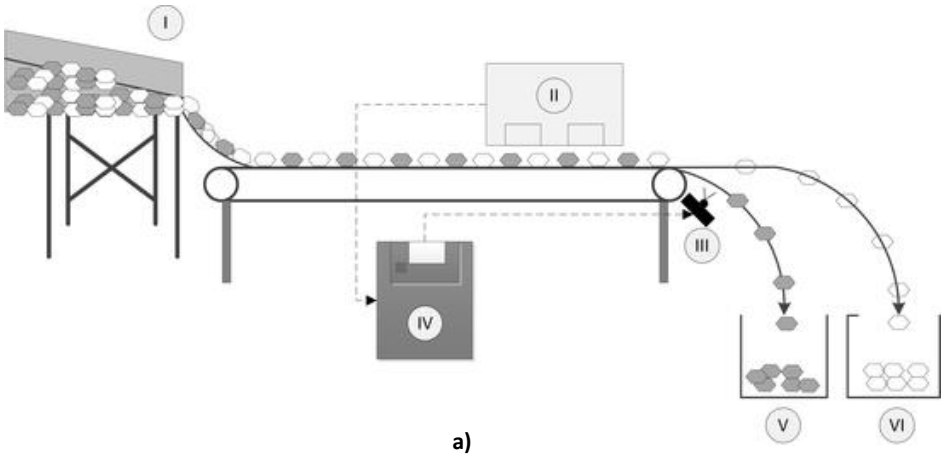


Figura 245 - Diagrama esquemático do fluxo de processo relativo à britagem secundária e terciária

Quanto às medidas mitigadoras utilizadas durante estes processos de transformação granulométrica, deverão passar pela colocação estratégica de pequenas unidades filtrantes de despoeiramento (mangas e filtros), juntos das principais saídas (crivos, moinhos). Este sistema de despoeiramento filtra a poeira, compacta a mesma numa espécie de bolo compacto e segue na tela transportadora, ou seja, não existirão quaisquer resíduos, aproveitando-se a 100% todo o material britado como anteriormente conferenciado.

Como referido anteriormente, de seguida, os grãos de aproximadamente 35 mm serão sujeitos a uma seleção ótica para se retirarem do circuito partículas escuras (associadas à rocha encaixante ou micaxisto) e se mantenham no mesmo as claras (associadas ao minério aplito-pegmatítico de interesse para lítio e estanho). Em princípio, dadas as velocidades de fluxo de separação compreendidas entre 60 e 100 toneladas/hora, poderão ser necessários dois (2) ou três (3) exemplares deste equipamento ("TOMRA Optical Ore Sorter"; Figura 246) para que se mantenha, pelo menos um fluxo igual ou superior a 150 toneladas/hora.

A tecnologia de triagem multicanal patenteada da TOMRA mede a reflexão, absorção e fluorescência e utiliza o efeito de dispersão de vários *lasers* dentro de uma unidade de deteção, para a separação dos minérios por via ótica *i.e laser* em que a cor é fator diferenciador.



a)

b)

Figura 246 - (a) "belt-type sorter": (I) correia alimentadora vibratória; (II) sensores; (III) bicos de injeção; (IV) UPC – Unidade de Processamento Central; (V) "drop fraction" a aceitar e (VI) "ejected fraction" a rejeitar. (b) exemplo de uma instalação na mina

O material xistento estéril será subsequentemente empilhado e encaminhado para a área destinada para o efeito, que se localiza a sul do principal setor de extração de minérios aplito-pegmatíticos. Este material será transportado para a área em questão, numa tela transportadora coberta. As partículas de interesse serão de seguida colocadas em correias transportadoras que têm como destino final o edifício de moagem do *ROM* a processar no futuro Complexo de Anexos Mineiros.

Figura 247 - Estéril (à esquerda) e Minério (à direita)

A Figura 248, remete para a localização, onde ocorrerão os principais processos de fragmentação e consequente cominuição da rocha aplito-pegmatítica extraída assim como a sua separação por seleção ótica. Esta área terá cerca de 12 000 m^2 e será implementada para a britagem, para o "sorting" ótico e ainda uma zona de ("stacker") para otimização do minério a enviar por tela transportadora para o CAM.

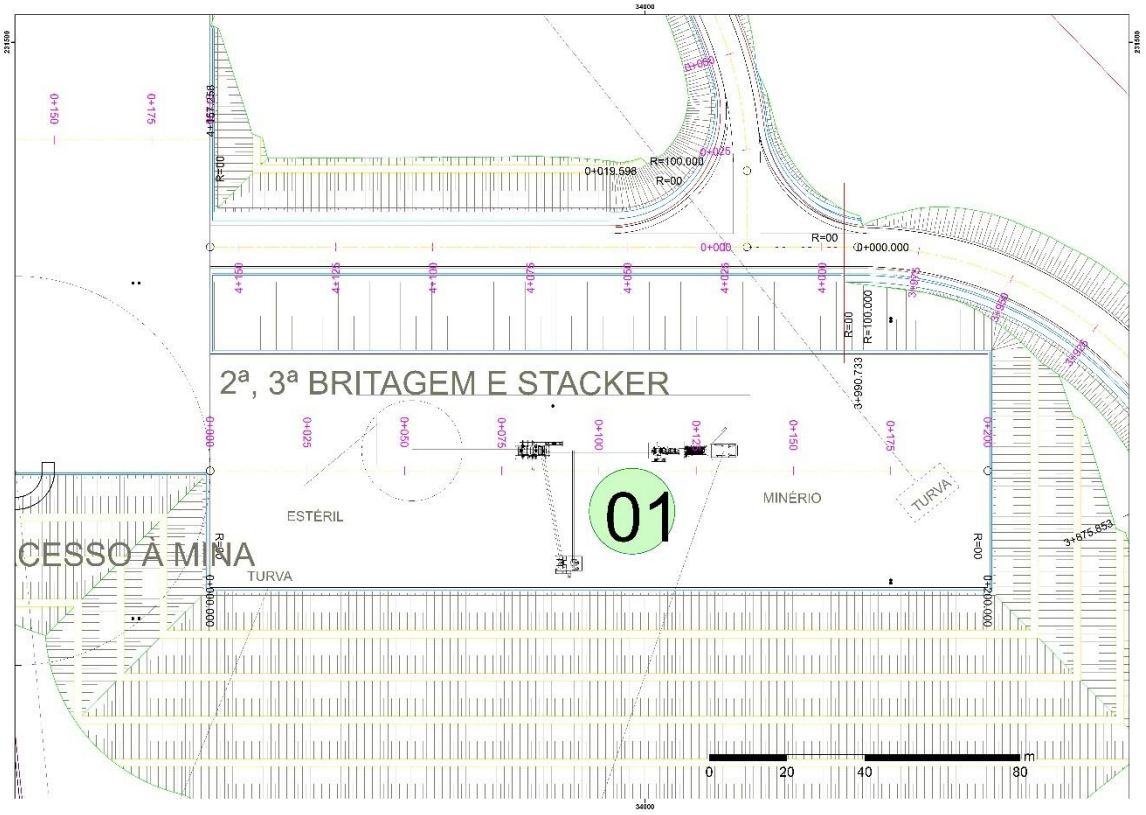


Figura 248 - Representação do edifício de britagem de minério de lítio aplito-pegmatítico

2.3. Concentração

2.3.1. Moagem

Após o processo de fragmentação granulométrica, e no interior do concentrador propriamente dito, é dada a continuação ao circuito de cominuição através de uma dupla moagem via húmida dos materiais provenientes da seleção ótica para que se atinjam granulometrias inferiores a 106 µm, ou seja, tamanhos de grão que garantem a quase total libertação (> 90%) dos minerais de interesse (petalite, cassiterite e os restantes que se pretendem separar a jusante). De forma a otimizar os diferentes minérios da concessão do "Romano" equaciona-se que futuramente, segundo o desenvolvimento de estudos com maior detalhe, o minério possa ser introduzido numa série de espirais de concentração de minerais pesados (cassiterite e columbo-tantalites). Adiciona-se ainda que, a série de espirais de concentração gravítica são o método mais adequado para as fases minerais em questão e que a capacidade de produção se possa manter nas 180 toneladas/hora.

Para a separação dos concentrados de cassiterite e columbo-tantalite, vai ser desenvolvida uma bateria de espirais concentradoras de minerais pesados que admitam um fluxo de 180 toneladas/hora (Figura 249).

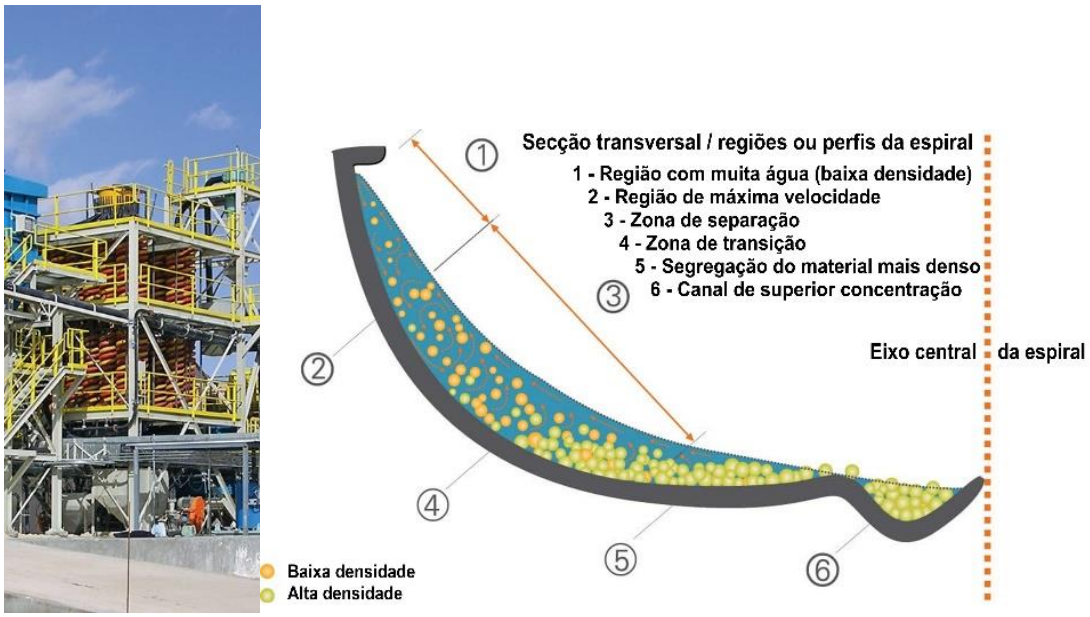


Figura 249 - Exemplos de espirais concentradoras numa instalação de processamento mineral (à esquerda); Esquema mostrando o princípio de funcionamento de uma espiral concentradora de minerais pesados (à direita)

Posteriormente o minério, depois da etapa de cominuição por via húmida avançará, para os tanques ou células de flutuação por espumas para separar a petalite dos restantes minerais.

O edifício Moagem que alberga o(s) moinho(s) de bolas/rolos albergará dois (2) compartimentos, um compartimento que se refere a uma sala de controlo dos processos (nível superior) e o outro compartimento para a respetiva receção/empilhamento do minério e separação gravítica dos minerais pesados (níveis inferiores).

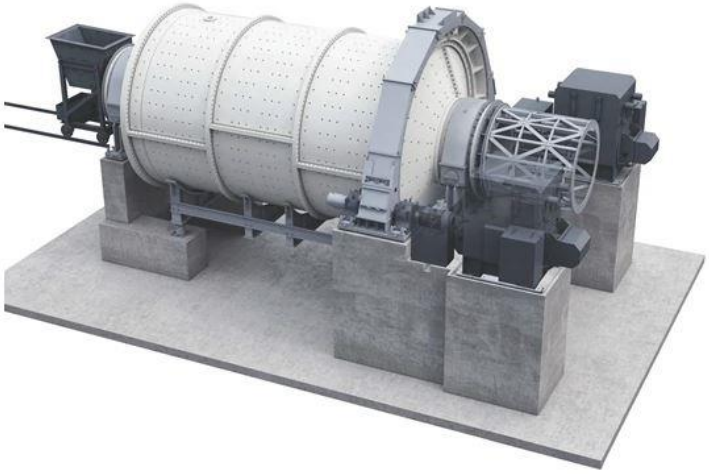


Figura 250 - Representação exemplo de um moinho de bolas para o processo de cominuição por via húmida do minério do "Romano"

2.3.2. Flutuação

Sucessivamente, o minério com granulometria inferior a 106 µm é encaminhado para as células de flutuação por espumas. O processo de flutuação por espumas objetiva a separação de minerais de uma determinada mistura que apresentam densidades similares entre si, como é o caso da petalite (2,43) e os restantes e principais constituintes quartzo-feldspáticos das rochas pegmatíticas LCT da concessão "Romano" (quartzo – 2,65; plagioclase sódica ou albite – 2,62; feldspato potássico ou ortoclase – 2,55). Para efetivamente separar o minério de lítio dos outros minerais considerados como ganga, os métodos de separação gravítica podem não ser adequados (e geralmente não o são) para as recuperações e níveis de pureza desejados e realidade económica de exploração de um jazigo mineral como o integrado na concessão "Romano". Daí que normalmente se otimizem séries ou sequências de processos de separação mineral que integrem várias metodologias, onde a flutuação por espumas assume uma particular e elevada importância, dada a evidente perceção que só desta forma a petalite é concentrável para ter valor económico acrescentado.

Logo, é extremamente relevante referir que os processos de flutuação por espumas são o fator chave da máxima recuperação da petalite e de outros minerais de interesse económico ou

recursos minerais secundários. O método de separação de flutuação por espumas faz uso de propriedades superficiais das partículas minerais que determinam a capacidade e extensão da sua fixação em bolhas de ar geradas em células específicas para o efeito (células ou tanques de flutuação; Figura 251). Ao se adicionarem bolhas de ar/gás a um fluido contendo partículas finas minerais, as bolhas fixam-se às superfícies daquelas que repelem água, *i.e.*, partículas hidrofóbicas. Este processo leva a que este conjunto de interesse (bolha + partícula mineral/*e.g.* petalite) ascenda à superfície da célula, enquanto as restantes partículas não desejadas numa determinada mistura (hidrofílicos/*e.g.* micas, quartzo e feldspatos) permanecem na fase fluida ("slurry" ou lama). Na superfície, as bolhas contendo as partículas de interesse acumulam-se e formam camadas de espuma que podem ser removidas da célula mecanicamente e continuamente à medida que se vão aglomerando cada vez mais partículas tornando a espuma mais densa. No fim do processo, os excedentes gerados são removidos ora para entrarem novamente num outro circuito de flutuação para melhorar a sua recuperação ou separação de outras fases, a fim de serem valorizados como recursos minerais secundários, ou mesmo para serem excluídos definitivamente para integrarem depósitos de escombreira ("tailings") ou outra qualquer espécie de pilhas de rejeitados (a Lusorecursos antevê a deposição a seco ou "dry stacking"), para posterior incorporação em materiais de enchimento – "pastefill".

É possível que as bolhas de gás nas células de flutuação fixem determinadas partículas e não outras, ou seja, que mostrem seletividade. Para que isso efetivamente aconteça, a hidrofobicidade das partículas é modificada com a adição de reagentes denominados de "coletores". Adicionalmente, outros reguladores dos processos de separação por flutuação por espumas são os denominados "depressores" que, pelo contrário, aumentam a hidrofilicidade ou molhabilidade das partículas que não são de interesse, levando a que estas se mantenham no tanque de flutuação e não subam juntamente com as bolhas para as camadas mais superficiais de espuma no topo. Paralelamente, químicos que promovem o contrário são denominados de "ativadores", ou seja, aumentam a interação do "coletor" com a superfície do mineral. Outros químicos denominados de "frothers" ou "espumantes" tendem a estabilizar a espuma com as partículas de interesse, para que a sua remoção seja otimizada, ou seja, não deixando que estas se afundem no respetivo tanque ou célula. No conjunto de reagentes de flutuação, também é usual a utilização de reguladores de pH, mais comummente designados de "modificadores" ou "condicionadores".

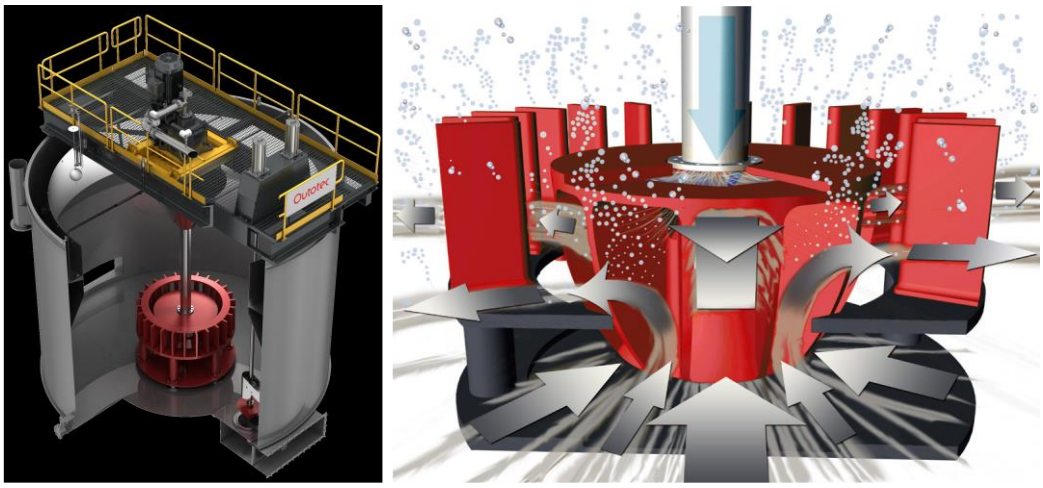


Figura 251 - Aspeto geral de uma célula de flutuação Outotec "TankCell"; (b) pormenor do mecanismo "FloatForce" da Outotec Oy que maximiza o contacto entre as bolhas e as partículas minerais na zona de contacto entre o rotor e o estator

Vem referido no recente trabalho de Tadesse *et al.* (2019) que não existem muitos estudos científicos sobre o real comportamento da petalite em processos de flutuação por espumas, mas, no entanto, este menciona o texto de Bulatovic (2015) sobre a flutuação de minerais de lítio, que por sua vez faz referência a uma patente duplamente reproduzida nos Estados Unidos da América (6,138,835) e Canadá (2.313.666) de Jessup e Bulatovic (2000a-b) intitulada "recovery of petalite from ores containing feldspar minerals". A invenção de Jessup e Bulatovic (2000a-b), juntamente com outros trabalhos pioneiros (Manser, 1975; Lyyra *et al.*, 1987), mostra que é possível a extração de petalite via flutuação por espumas em misturas muito semelhantes às rochas LCT da concessão "Romano", mas também, conforme alertam Tadesse *et al.* (2019), são ainda necessários estudos adicionais que permitam esclarecer com maior detalhe o comportamento desta fase mineral em células de flutuação e o desenvolvimento de novos esquemas de reagentes ("coletores" + "ativadores"/"depressores" + "espumantes" + "modificadores").

De facto, em consideração com o trabalho desenvolvido pela Metso – Outotec, o processamento e separação de minerais via flutuação por espumas irá incluir duas etapas principais para remoção de: (i) micas (essencialmente moscovite, mas também biotite e cookeíte); (ii) petalite através de flutuação por espumas em células "rougher, "scavenger" e "cleaner" gerando uma mistura de rejeitados de lavaria constituídos maioritariamente lamas (partículas finas) e micas (moscovite, biotite e outros). Por outro lado, como recursos minerais secundários, resultará uma mistura de feldspatos (albite e ortoclase) e quartzo e com quantidades menores de espodumena, eucriptite, montebrasite entre outros fosfatos (*e.g.* apatite). Após as etapas de flutuação por espumas, seguem-se processos de desenlameamento

e filtração dos materiais flutuados, de modo a recuperar a água utilizada nos processos (Figuras abaixo).

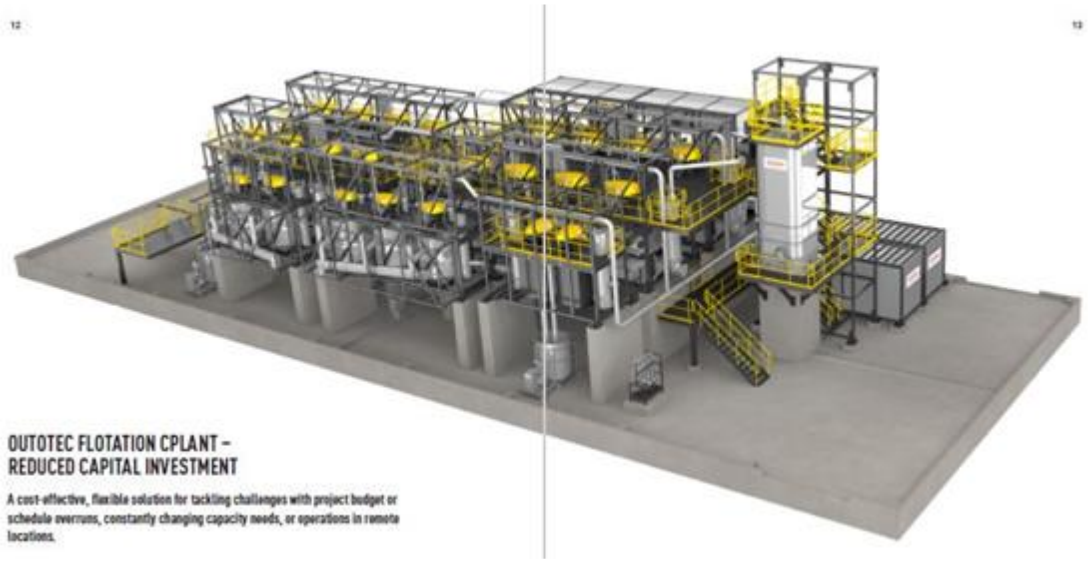


Figura 252 - Exemplo de uma Unidade de flutuação completa da Metso- Outotec

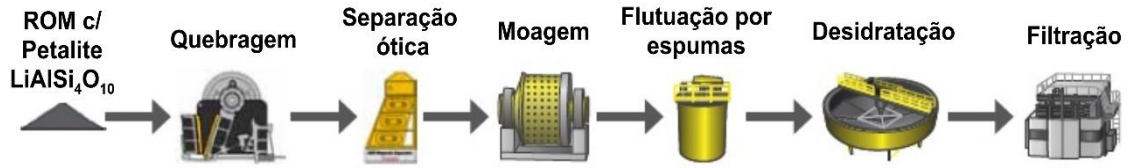


Figura 253 - Fluxo de processo genérico que visa a concentração de petalite da concessão "Romano"

De acordo com Jessup e Bulatovic (2000a-b) e conforme previsto pela Lusorecursos, a petalite é extraída através de flutuação direta posteriormente à remoção de micas (moscovite + biotite + cookeíte) embora também preveja a retirada de espodumena, o que, para já, não vamos considerar dada a sua reduzida abundância nas rochas LCT da concessão "Romano" (até 5% de acordo com o conhecimento atual). Para separar as micas também via flutuação direta por espumas, o esquema de reagentes considera a utilização de ácido clorídrico – HCl como modificador de pH para 2,5 e os sais de amina como coletores catiónicos (como exemplos temos, *Clariant Flotigam* EDA e MIBC (Methyl Isobutyl Carbinol).

Posteriormente, a sequência de reagentes para a melhor flutuabilidade da petalite é a seguinte: (1) água salgada ("brine") como agente depressor, constituído por uma mistura 1:1 de cloreto de sódio – NaCl e cloreto de potássio – KCl, com concentração de (10% NaCl e 10% KCl); (2) ácido fluorídrico – HF que funciona como ativador da petalite, depressor do quartzo e modificador de pH até 2,5; (3) sais quaternários de amónia tais como os denominados *decyl*,

alkyl (*e.g. Clariant Flotigam K2C*), *dodecyl* (*e.g. Nouryon ARMOFLOTE® 64*), *dioctadecyl* ou ainda oleato *PEG – polyethylene glycol* e de sódio. As substâncias a utilizar serão especificadas no subcapítulo 2.6 – substâncias químicas no processo.

Conforme já previamente referido, o sistema de processamento dos aplito-pegmatitos LCT vai incidir na separação e purificação de concentrados de petalite através de circuitos de flutuação por espumas. Logo, de acordo com a mineralogia da rocha-mãe, os excedentes serão maioritariamente constituídos por quartzo, feldspatos entre outros silicatos e fosfatos acessórios, que serão considerados como recursos minerais secundários e serem vendidos como tal ao cliente final.

O circuito de flutuação, que se encontra previsto para o concentrador da Lusorecursos no âmbito da concessão "Romano", terá como último propósito a separação e purificação de petalite, em que para o efeito, vários processos intermédios terão obrigatoriamente de ocorrer. Conforme é possível constatar no fluxo de processo ilustrado na Figura seguinte, após moagem e obtenção de frações granulométricas inferiores a 106 µm, assim como, o seu desenlameamento, será necessária a separação/remoção prévia de micas (moscovite, biotite e cookeíte) da restante mistura aluminossilicatada (albite, petalite, quartzo como maioritários e eucriptite, espodumena e bikitaite como acessórios) com pequenas quantidades de minerais do grupo dos fosfatos (ambligonite-montebrasite, apatite entre outros de ocorrência extremamente rara).

Células de flutuação com a garantia de simulação, engenharia e otimização Metso - Outotec vão ser montadas de acordo com o seguinte sistema:

- Uma (1) etapa "rougher", uma (1) etapa "scavenger" de flutuação de micas;
- Uma (1) etapa "rougher", uma (1) etapa "scavenger" e quatro (4) etapas "cleaner" de flutuação de petalite.

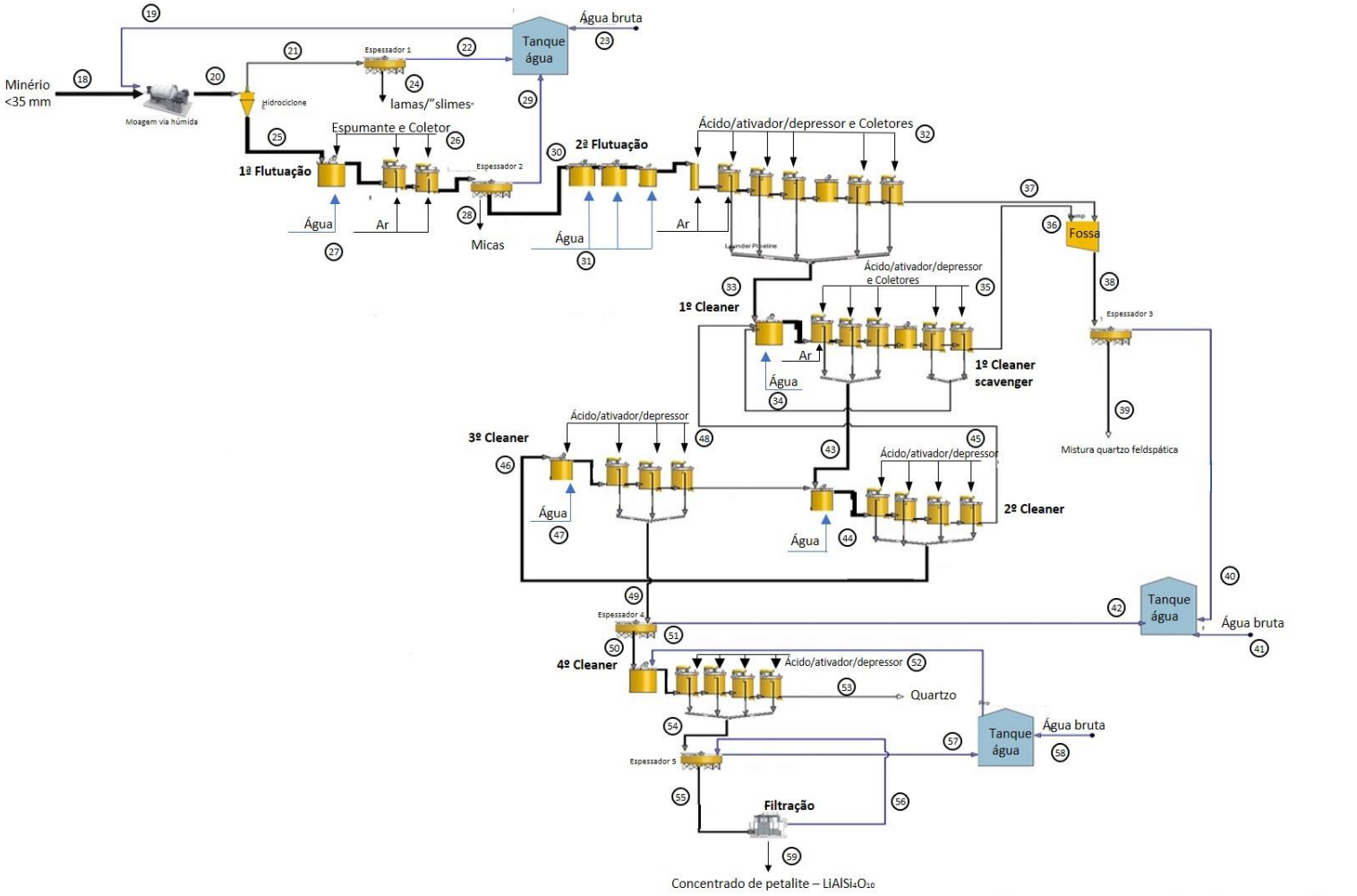


Figura 254 - Diagrama esquemático do fluxo de processo relativo à flutuação por espumas de acordo com a simulação do concentrador segundo o trabalho desenvolvido pela Metso - Outotec

O processo de concentração está dimensionado para o tratamento de 200 ton/h de minério e tem início com o minério a ser submetido a um processo de moagem para que sejam atingidas granulometrias inferiores a 106 µm, ou seja, tamanhos de grão que garantem a quase total libertação (> 90%) dos minerais de interesse. Para o efeito o minério é conduzido a moinhos de bolas em via húmida, no qual existe adição de água de processo ao minério durante a moagem. Neste processo a massa do minério é estável, não havendo perdas. O Balanço mássico, de forma mais detalhada encontra-se no Anexo A e deverá ser consultado para evidenciar do processo de concentração do minério.

Após o processo de moagem via húmida, o minério com uma granulometria reduzida é submetido a um processo de hidrociclonagem que permite a retirada de elementos finos argilosos (lamas) das etapas seguintes de flutuação. Estes materiais finos designados por lamas/"slimes" são conduzidos ao Espessador 1 onde por um processo de *drystacking* de deposição a seco é extraída a máxima quantidade de água. No Espessador 1 produzem-se cerca de 14 ton/h de lamas/"slimes" as quais são conduzidas ao Parque de Resíduos sólidos secos com o objetivo de serem utilizados como backfill na mina subterrânea. A água extraída no Espessador 1 após tratamento por filtração é encaminhada para tratamento e recirculada para o processo.

Neste tanque é aprovisionada água de processo utilizada nas primeiras fases do processo: moagem via húmida, hidrociclone e 1ª flutuação das micas, estimando-se um consumo de cerca de 165 m^3/h nos três processos.

O minério selecionado no hidrociclone segue para a 1ª flutuação, a qual está relacionada com a necessidade de remoção de micas, principalmente moscovite e biotite, presentes no minério. Esta flutuação de micas desenvolve-se num condicionador, num "rougher" e num "scavenger" sendo adicionados reagentes para promover a flutuação dos minerais de interesse. Neste caso específico para remover as micas dos processos seguintes serão utilizados 2 reagentes, um espumante e um coletor. O espumante tem como função promover a formação de espuma permitindo assim o desenvolvimento de uma flutuação por espuma e o coletor modifica a hidrofobicidade das partículas para permitir a seletividade de fixação de determinadas partículas. Neste caso prevê-se a adição dos reagentes MIBC e o Flotigam EDA e além disso serão ainda adicionados ao processo água de processo e efetuada a injeção de ar.

O material resultante desta 1ª Flutuação é conduzido ao Espessador 2 onde são removidas essencialmente micas, moscovite e biotite, que no seu conjunto representam cerca de 7 ton/h

de resíduos, os quais são conduzidos para Parque de resíduos sólidos secos situados no CAM. A água recuperada no Espessador 2 é novamente direcionada para o tanque de água após tratamento.

Seguem para o processo de tratamento seguinte (2ª Flutuação) cerca de 177 ton/h de minério, que são sujeitos a uma 2ª Flutuação, que tem como objetivo concentrar a petalite e rejeitar sobretudo os feldspatos e quartzo. Para tal o minério irá passar por três células de condicionador e células "rougher" e "scavenger". Neste processo é alimentada água nas células e ainda injetado ar.

Nas células "rougher" e "scavenger" são adicionados ao minério reagentes, que funcionam como ativadores, depressores, coletores e ácidos. Os coletores são produtos que modificam a hidrofobicidade das partículas para permitir a seletividade de fixação de determinadas partículas, os depressores aumentam a hidrofilicidade das partículas que não são de interesse, levando a uma não fixação destas, os ativadores aumentam a interação do coletor com a superfície do mineral e os ácidos diminuem o pH do meio criando condições propicias à separação pretendida.

Na 2ª Flutuação é adicionado o ácido fluorídrico (HF) que tem como funções: ativador da petalite, depressor do quartzo e modificador de pH até 2,5, enquanto, os coletores são uma solução numa proporção 70:30 de Oleato PEG e Flotigam K2C.

Após a 2ª Flutuação, o minério de interesse é conduzido ao 1º Cleaner, que é composto por uma célula condicionador e 3 células cleaner e os rejeitados são conduzidos a uma fossa, que recebe também os rejeitados do 1º Cleaner. Na totalidade, a fossa recebe um caudal de cerca de 135 ton/h, o qual é conduzido ao Espessador 3, que consiste num "drystacking" onde é removida a água e obtido um sub-produto (mistura quartzo feldspática), que consiste numa mistura de minerais constituída por feldspatos, quartzo, pelatite não recuperado, espodumena e outros minoritários. Este subproduto é conduzido ao Armazém de Feldspato/quartzo localizado junto do Armazém de Produto acabado e vendido como matéria-prima para a indústria cerâmica. A água recuperada no Espessador 3 após tratamento na ETARIC, sendo novamente direcionada para o processo.

No 1º "cleaner" são adicionados os mesmos reagentes da 2ª Flutuação variando apenas a quantidade dos mesmos além de ser adicionada água e ar. O material segue então para o 1º "cleaner scavenger" composto por duas células onde os reagentes utilizados e quantidades são exatamente iguais às do 1º "cleaner". Posteriormente, o minério é conduzido ao 2º "cleaner" e

3º “cleaner”, que dispõem respetivamente de cinco e quatro células e nas quais é adicionada água e ácido fluorídrico, que tem a função de ativador, depressor e ácido.

Após as anteriores etapas de tratamento, o minério é conduzido ao Espessador 4, onde é removido o excesso de água que após tratamento na ETARIC sendo conduzida ao tanque de armazenagem para posterior reciclagem no processo.

O minério espessado é submetido a um 4º *Cleaner* composto por cinco células. Nesta etapa é adicionado ácido fluorídrico numa quantidade igual à das etapas anteriores assim como água proveniente do tanque de água. Como resultado desta etapa de tratamento é produzido quartzo, que constitui um subproduto e que é conduzido para o Armazém de Feldspato/quartzo onde é armazenado temporariamente até ser expedido para venda.

O minério obtido após o processamento do 4º *Cleaner* é direcionado para o Espessador 5 sendo o excesso de água removida tratada na ETARIC, antes de ser conduzida novamente para o processo. Por sua vez, o minério (concentrado de petalite) é bombeado para um sistema de filtração do minério de modo a obter-se um concentrado de petalite ($LiAlSi_4O_{10}$) com um teor em Li_2O entre 3,79% e 4,09%, sendo conduzido à etapa de purificação do lítio, mais precisamente à Unidade de calcinação.

Para a instalação da lavaria (moagem + concentrador), foi designada uma área total de 6 288 m^2, para a instalação dos equipamentos afetos aos processos, dos quais 2 900 m^2 e 3 388 m^2 estão afetos ao edifício de moagem e edifício de flutuação respetivamente. Para efeitos ilustrativos, a Figura 255 demostra um exemplar de células de flutuação instaladas para concentração de minério.

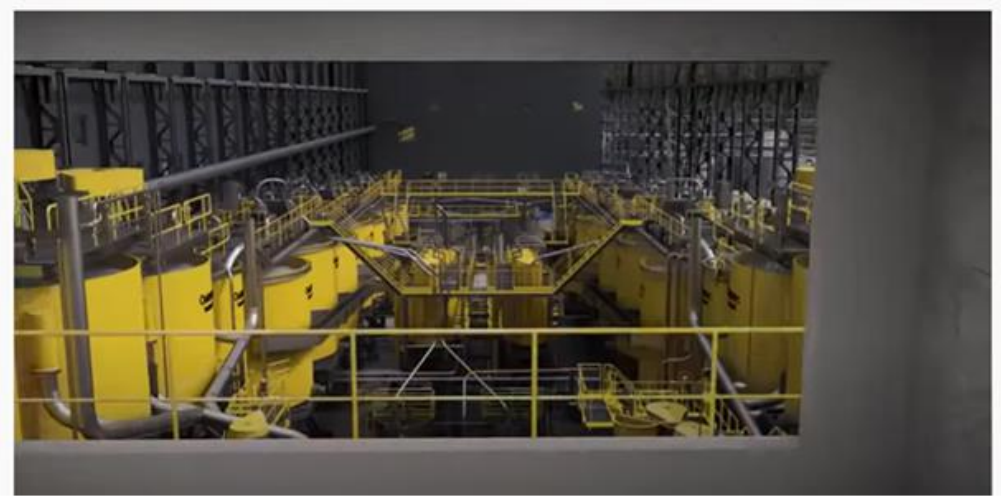
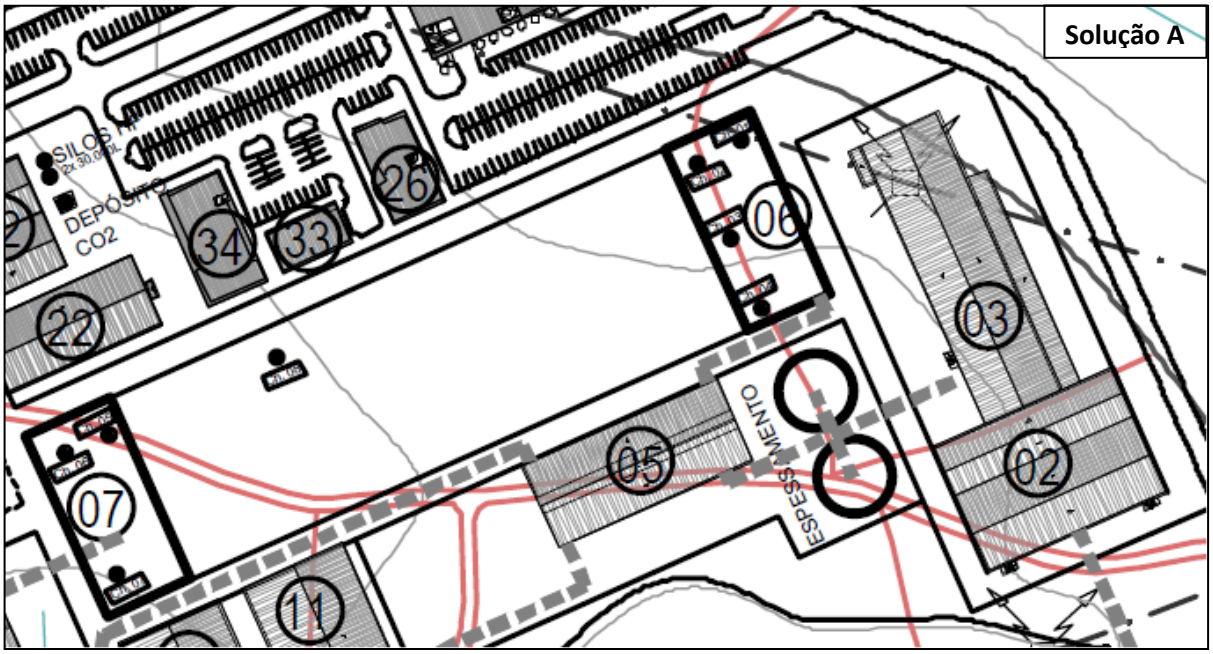


Figura 255 - Exemplos de células de flutuação por espumas da Metso – Outotec

Após estes processos findarem, os concentrados de petalite irão ser seguidamente canalizados para o calcinador da refinaria (Figura 256).



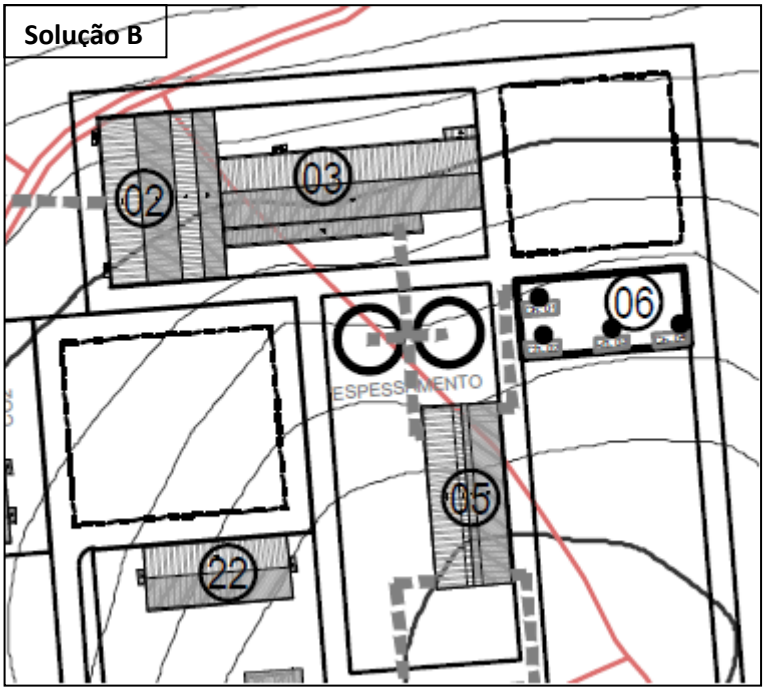


Figura 256 - Representação dos edifícios Moagem (2) e Flutuação (3), Unidade de espessamento, Unidade de filtração (5) e Unidade de calcinação (6) nas soluções A e B

A flutuação de petalite prevê a recuperação mínima de 48%, considerada como o pior cenário ("worst case scenario"), do total do *ROM* à entrada do concentrador, que adicionados aos 90% de recuperação mineira a montante, culmina no valor de 43,20% de recuperação na produção de concentrados petalíticos que representam cerca de 9,6 % do total de 20% da moda,

considerando um teor médio de 1% de Li_2O, ou seja, para o efeito, o "head grade" ou teor de entrada. Portanto, dos 20% correspondentes à moda da petalite no *ROM* inicial, num cenário realista, perdem-se cerca de 10,4 % em volume de mineral-minério. Porém, também importa referir que a efetiva recuperação vai depender dos teores de entrada ("head grade") no concentrador e a diluição promovida pelos outros minerais constituintes do *ROM* e por esse importante motivo, o cenário aqui apresentado pode melhorar muito consideravelmente para valores acumulados (recuperação mineira + beneficiação para concentração) na ordem dos 50 a 60%.

De referir que o processo desenvolvido pela Metso – Outotec equaciona uma fase inicial dos estudos desenvolvidos, que não se encontram totalmente otimizados, tendo assim uma perspetiva do aumento das recuperações no futuro.

2.4. Processo de espessamento e filtração (*dry stacking*)

Após a concentração de petalite, por um lado, uma grande parte dos excedentes ou recursos minerais secundários de flutuação deverá ser aproveitada e vendido com a finalidade de formulação de pastas cerâmicas dada a sua ajustada constituição mineralógica e geoquímica (essencialmente feldspatos, quartzo com quantidades menores de aluminossilicatos e fosfatos de lítio). Assim, também o concentrado petalítico deverá ser sujeito a um processo de espessamento e filtração.

Por outro lado, os remanescentes (rejeitados) essencialmente micáceos e muito finos não aproveitados ("slimes"), serão sujeitos a processos de seleção por tamanho de grão, espessamento e filtração numa unidade de gestão de rejeitados para posterior deposição a seco ou "dry stacking". Estes tailings secos (pequena percentagem de humidade), serão temporariamente depositados, num armazém dividido por baias e coberto por um telheiro, para evitar a dispersão de poeiras e lixiviação dos resíduos secos (caso existam, serão colhidos num sistema de drenagem e encaminhados para tratamento devido na ETARIC). Estes resíduos terão um armazenamento temporário, tendo em vista a sua utilização como backfill na mina subterrânea.

Os restantes materiais (recursos minerais secundários, como a mistura quartzo-feldspática) terão como destino espessadores (decantadores) e filtros a fim de serem armazenados e vendidos.

Figura 257 - Diagrama esquemático do fluxo de processo relativo à solução de gestão de rejeitados

Quantitativamente e considerando que, no cenário mais pessimista, os rejeitados resultantes da concentração de petalite correspondem a 30% do *ROM* (de 1 500 000 toneladas/ano) com um fluxo de produção médio de 180 ton/h de rocha processada no concentrador, serão produzidas cerca de 466 000 toneladas/ano de "tailings" (30% que representam os resíduos de lavaria), totalizando cerca de 54 ton/h, ou seja, aproximadamente 21,6 m^3/h (assumindo um valor de densidade 2,5 dada a composição mineralógica essencialmente micácea e quartzo-feldspática e a respetiva porosidade). Pela informação transmitida pela empresa parceira tecnológica relativamente aos processos mineralúrgicos, as emissões de poeiras não atingirão a fasquia de 50 mg/Nm^3.

Existem atualmente dois métodos principais de gestão de resíduos resultantes do processamento mineral no Concentrador: (1) deposição das lamas numa barragem confinada e; (2) Espessamento e filtragem das lamas para posterior deposição em seco. Esta última abordagem, bem mais recente que a anterior, surgiu após alguns acidentes com barragens de rejeitados terem acontecido um pouco por todo o mundo (*e.g.* Brumadinho e Mariana no Brasil).

As falhas nas barragens de rejeitados têm vindo a aumentar devido a condições climáticas extremas ou inesperadas, como fortes chuvas ou sismos, sobrecarga da barragem e práticas ou projetos inadequados. Os riscos e falhas nas barragens de rejeitados podem ser evitados com a desidratação e deposição a seco ("dry stacking") dos mesmos.

As principais diferenças entre os dois métodos encontram-se explanadas no Quadro 79:

Quadro 79 - Comparação entre os métodos de deposição de rejeitados de lavaria mineira

Infraestrutura/ Aspetos Ambientais	**Lamas de rejeitados**	**Lamas de rejeitados filtradas ("dry stacking")**
Água	Elevado volume de água nos rejeitados	Muito pouca água do processo nos rejeitados (aproveitamento

		da água)
Condutas	Entre o Complexo de Anexos Mineiros e a escombreira	Dependendo da localização da escombreira
Dique	Construção de diques; Risco de rutura do dique; Pegada ecológica; Monitorização.	Sem dique
Pegada ecológica	Maior	Menor
Reabilitação gradual	Difícil	Possível (e.g. reflorestação)

Ao contrário dos rejeitados em barragens de lamas, os rejeitados desidratados/filtrados permitem a reabilitação progressiva do local de acumulação. Em relação à gestão da água e tendo em conta a exfiltração, a infiltração e a pegada ecológica, esta última opção parece ser a mais adequada.

Na unidade de gestão de rejeitados ocorrerão processos de espessamento e filtragem das lamas/"slurries" excedentes dos processos de flutuação por espumas. Estas atividades estarão associadas a uma superior recuperação/reciclagem e recirculação de água equilibrando assim as necessidades da mesma para vários processos de beneficiação mineral e metalurgia (e.g. flutuação por espumas e processos de arrefecimento da hidrometalurgia).

Neste local, as principais instalações são as seguintes:

1) Sequências de hidrociclones para a classificação húmida das partículas por tamanhos ou calibre;
2) Espessadores de placa inclinada para a efetiva sedimentação de partículas e a consequente desidratação das lamas a fim de reciclar água para outros processos;
3) Equipamentos de filtragem das partículas resultantes do espessamento anterior. A solução de filtragem a implementar permitirá uma recuperação de água de até cerca de 90%.

Estes excedentes são encaminhados para um parque coberto com telheiro dividido com baias, destinado aos rejeitados filtrados e secos. Esses rejeitados serão de armazenamento temporário para terem como destino final, o uso no backfill da exploração subterrânea. A duração temporária é expectável que não ultrapasse o máximo de duas semanas. Assim sendo e tendo em conta que os rejeitados serão de 21 ton/h, serão 510 ton/dia, ou seja, cerca de 7 140 toneladas em duas semanas. O armazenamento será no Parque de resíduos sólidos secos com uma área de 1 925 m^2.

A localização destes edifícios ficará próxima aos edifícios de flutuação, por se tratar de um processo em sequência A área para a Unidade de filtração é de 2 100 m^2, sendo que a Unidade de espessamento será em área aberta com cerca de 2 925 m^2 (Figuras abaixo).

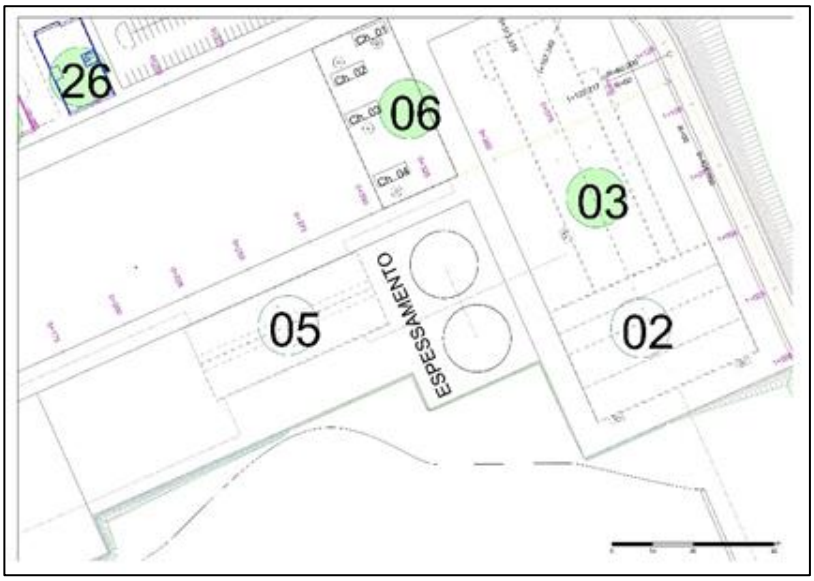


Figura 258 - Representação da Unidade de espessamento e Unidade de Filtração (5) na Solução A do CAM

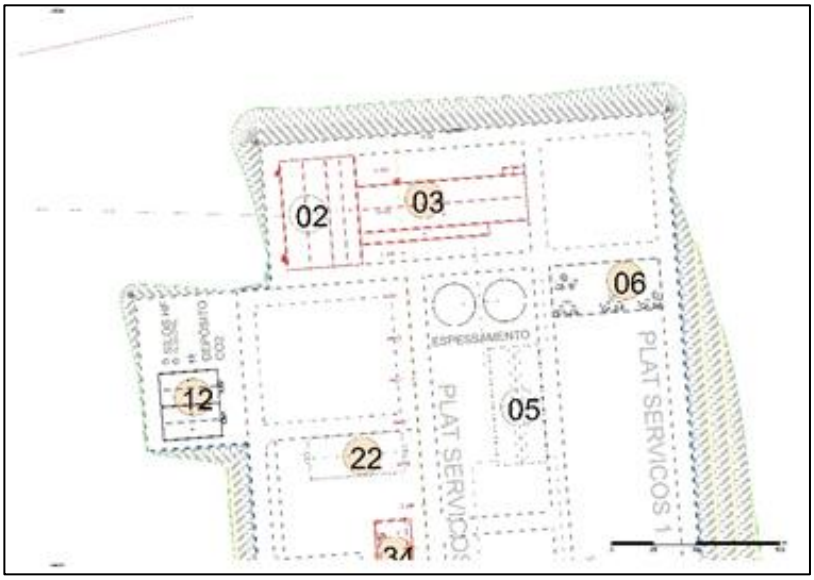
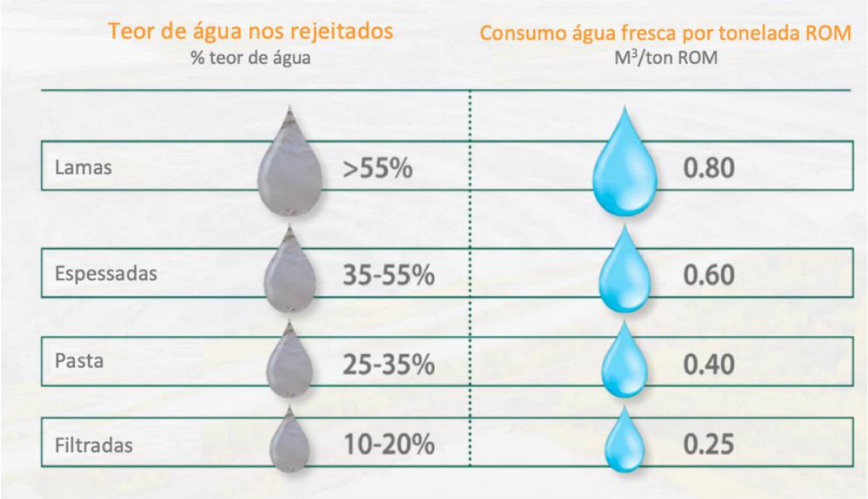


Figura 259 - Representação da Unidade de espessamento e Unidade de Filtração (5) na Solução B do CAM

Com o método de filtração dos rejeitados torna-se possível recircular um volume de água muito elevado no Complexo de Anexos Mineiros, evitando o desperdício e acumulação da mesma numa qualquer lagoa de rejeitados confinados em diques, diminuindo assim a necessidade de água fresca por tonelada de ROM.

Quadro 80 - Comparação entre teor de água nos diferentes tipos de rejeitados e respetivo consumo de água por tonelada de ROM



Tecnicamente, bombear os rejeitados em lamas é mais simples do que proceder à sua filtração. No entanto, considerando o armazenamento, este é simplificado, visto que não é necessário confiná-los na forma de polpas/pastas, o que requereria a construção de estruturas de contenção (diques ou barragens).

Do ponto de vista económico, a opção de filtrar as lamas de rejeitados é mais dispendiosa, tanto em capital como em custos operacionais, mas os benefícios ambientais, paisagísticos e sociais contrabalançam amplamente o investimento nesse sentido.

Portanto a Lusorecursos antevê que os "tailings" resultantes do processamento industrial serão sujeitos a etapas adicionais de espessamento e filtragem segundo o procedimento da Metso - Outotec, para que a pasta resultante possa ser depositada a seco ("dry stacking") com um teor de humidade entre 10 e 20%. Este tipo de abordagem permite um maior ângulo de deposição, devido ao espessamento das mesmas, que lhes confere uma maior coesão. Pastas com densidade superior minimizam também as remotas hipóteses de infiltrações e vazamentos na área de armazenamento/deposição, aumentando assim a segurança associada. Entretanto, a água retirada durante a filtragem é tratada (estação de tratamento de águas industriais) e utilizada novamente nos processos a montante, ocorrendo assim um reaproveitamento até cerca de 90%.

O processo da Metso - Outotec é constituído por três (3) etapas principais que ocorrem em linha e que se encontram esquematizados e ilustrados como exemplos nas duas Figuras seguintes.

1) Hidrociclone: processo de classificação húmida das partículas por tamanhos ou calibre. A geometria cónica dos hidrociclones fornece uma aceleração suave das partículas que

promove uma separação precisa. A nova geração de hidrociclones (*MHC Series*) conta com revestimentos resistentes ao desgaste que visam aumentar o tempo de atividade e prolongar o ciclo de vida das peças em geral, diminuindo assim os custos operacionais. Com uma secção cónica de componente única, os hidrociclones da série MHC fornecem facilidade de manutenção, reduzindo o tempo de inatividade. As trocas de revestimento são rápidas, seguras e fáceis devido ao *design* simples e ao número limitado de peças.

2) Espessadores de placa inclinada: método eficiente e sustentável de sedimentação e desidratação. Este equipamento foca-se na minimização dos impactes ambientais, evitando o desperdício de água, ao utilizar menos 50% de produtos químicos e facilitando a recirculação e recuperação da mesma. O aumento da compactação na sedimentação permite uma disposição mais segura e menor volume de resíduos. Os decantadores de placas inclinadas ("IPS Thickeners IPS – Inclined Plate Settlers") estão a substituir os métodos convencionais de purificação e espessamento na desidratação e tratamento de água, ao utilizarem o princípio da lamela. Este princípio utilizado pela Metso - Outotec envolve várias placas paralelas inclinadas para maximizar a área útil de processo. Em comparação com os equipamentos convencionais de purificação e espessamento, os decantadores de placas inclinadas (*IPS*) da Metso - Outotec necessitam de até menos 50% de espaço, permitindo economizar espaço e simplificar o planeamento, uma vez que podem ser construídos verticalmente. Estes equipamentos comprovam reduzir custos associados, quando comparados com os restantes equipamentos convencionais, na medida em que necessita de menos requisitos de espaço e fundação, além de um planeamento e construção mais fáceis. O IPS da Metso - Outotec realiza uma operação económica e reduz o consumo de energia até 70%, tornando-se um grande economizador de custos operacionais.

3) Filtros: filtragem dos materiais que provém do circuito de beneficiação. A solução de filtragem da Metso - Outotec está na vanguarda, fornecendo até 90% de recuperação de água e humidade entre 10 e 20% nos materiais que passam pelo processo, podendo tratar qualquer tipo de material. Foi projetado para grandes capacidades (até 36 m^3 e área de filtração de 1 391 m^2) e pressões (25 bar), tendo também sido aumentado o número de câmaras. A segurança é sempre uma grande preocupação para qualquer atividade da indústria mineira. O filtro Metso VPX™ possui um sistema mecânico totalmente eletrónico e sem hidráulica. Estas características permitem uma redução da poluição sonora e de outros riscos reduzidos quando comparados com sistemas hidráulicos.

Figura 260 - Sequenciamento do processo de filtração dos "tailings"

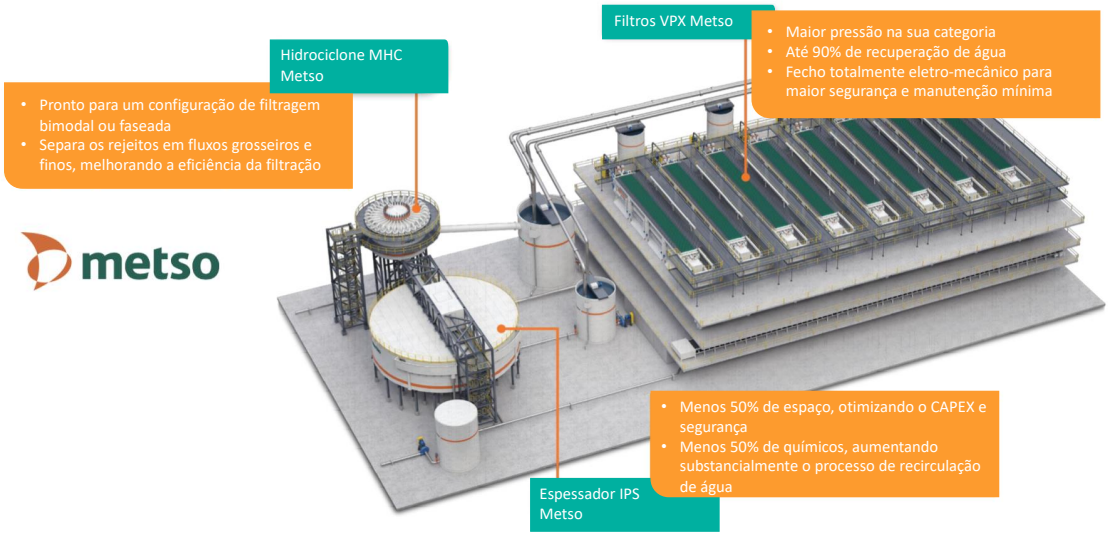


Figura 261 - Sequenciamento do processo de filtração dos "tailings"

Na Figura 262, demostra-se um layout esquemático, sendo este um exemplo do processo de filtração de lamas "dry stacking", no qual representa um fluxo de 200 toneladas/dia de lamas com as características das lamas, correspondentes a 30% de sólidos (60 ton/dia) e 70% de água (140 ton/dia). Como se pode constatar, após hidrociclonagem, espessamento/desidratação e filtração, é exequível a recuperação de 5 384 m^3/hora de água presente nas lamas e gerar rejeitados sólidos secos a 1 376 m^3/hora com 82% de sólidos e 18% de humidade. Com efeito, o aumento na proporção de sólidos é de 52% e daí que esta tecnologia é de extrema importância para a sustentabilidade ambiental do processo industrial previsto para a transformação e produção de compostos de lítio para os setores da mobilidade elétrica e armazenamento energético estacionário.

Estes valores referidos são parâmetros com base em informações genéricas, nos quais para se conseguir alcançar os resultados dever-se-á efetuar provas de laboratório de forma a garantir os resultados com maior precisão, como por exemplo, o teor de humidade final requerido.

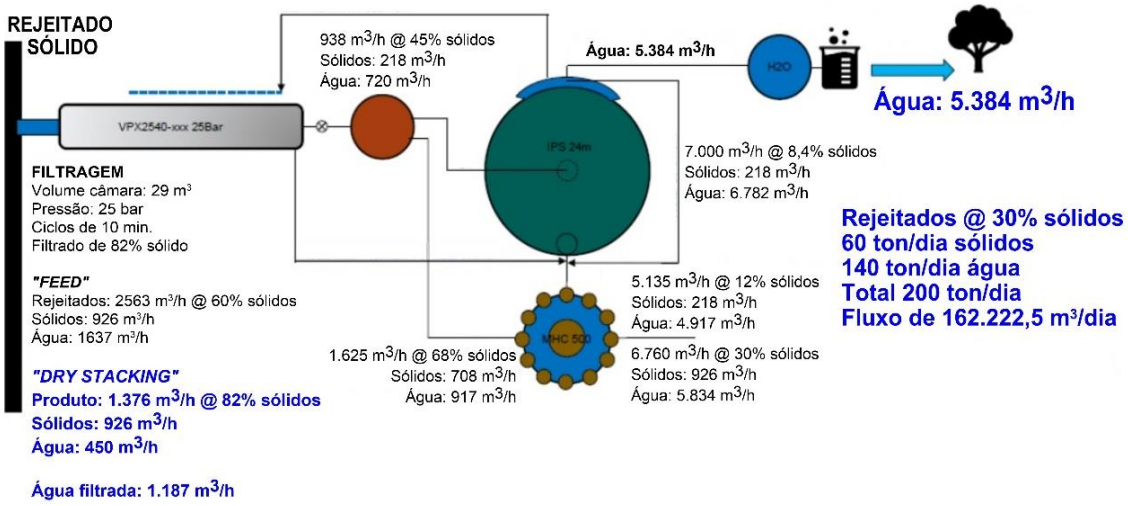


Figura 262 - "Layout" exemplo de um processo de grano-seleção, espessamento e filtração dos "tailings" para uma alimentação de 200 ton/dia

2.5. Síntese dos processos de concentração

Conforme acima referido, o concentrado final de petalite vai ser obtido através de um circuito otimizado de flutuação por espumas. A lavaria de concentrados de petalite ou concentrador consiste, de uma forma simplificada, em três (3) compartimentos/áreas principais:

1) Moagem húmida do *ROM*;
2) Flutuação por espumas para recuperação de petalite e outros recursos minerais secundários;
3) Espessamento e filtração ("dry stacking").

O Complexo de Anexos Mineiros para a beneficiação do pegmatito LCT em concentrados de petalite e outros recursos minerais secundários está projetado para assegurar uma alimentação de 1 500 000 toneladas/ano de *ROM* LCT, com uma capacidade potencial de produção no concentrador de aproximadamente de se processarem cerca de 200 toneladas/hora. O teor de entrada no concentrador será de pelo menos 1% de Li_2O (após quebragem, britagem e "*sorting*" ótico) ao longo de toda a vida da mina. O "target" de Li_2O nos concentrados de petalite é entre 3,8%-4,2 Li_2O, para se obterem purezas de 99% nos produtos finais ou sais de $LiOH \cdot H_2O$ (pelo menos 56,5% de LiOH).

Com efeito, esta unidade de processamento prevê a produção de concentrados de petalite com teores "chemical grade" (ajustado para conversão em $LiOH.H_2O$ ultrapuro) entre 3,8 e 4,2% de Li_2O e "technical grade" (ajustado à sua introdução na indústria cerâmica de 1ª qualidade) entre 4,3 e 4,5% de Li_2O. Para um fluxo médio de transformação estimado entre 170 a 180 toneladas/hora, ou seja, a lavaria funcionará a cerca de 86,5% da sua capacidade de produção de 200 ton/h, considerando uma recuperação de 48% no concentrador, é possível que se concentrem cerca de 18,66 toneladas/hora de petalite, assumindo que corresponde, em média e de acordo com os dados de várias análises modais, a 20% do total do *ROM* de entrada no concentrador (após "sorting" ótico).

Relativamente aos processos metalúrgicos a jusante, que consistem na calcinação/ pirometalurgia e a conversão hidrometalúrgica dos concentrados, assumindo uma recuperação de 48% de petalites com um teor médio conservador de 4,0% de Li_2O, um fluxo de produção de 18,66 toneladas/hora de petalite correspondem na teoria a 1,68 toneladas/hora de $LiOH.H_2O$.

2.6. Substâncias químicas no processo

A concentração e hidrometalurgia da petalite irá requerer vários produtos químicos que irão ser armazenados dentro do edifício onde irão decorrer os processos de beneficiação de minérios e conversão química de concentrados de petalite. A utilização de reagentes/substâncias químicas inicia-se na lavaria e hidrometalurgia, uma vez que nos processos a montante, como a quebragem, britagem, seleção ótica e moagem por via húmida, não se utilizam quaisquer substâncias para além da água.

2.6.1. Concentrador

A concentração de petalite envolverá o uso de vários agentes químicos apenas nos processos de flutuação. Como demostra o Quadro 81 dos estudos desenvolvidos pela Metso – Outotec, é possível aferir a quantidade precisa de reagentes a utilizar num processo à escala industrial para o processo de concentração da petalite. Estes ensaios são realizados em projeto de execução, visto que, é necessário uma quantidade enorme de rocha bruta, cerca de 30 toneladas. Os reagentes indicados apresentados acima, são o produto dos testes laboratoriais realizados e que podem vir a retificados, de acordo com os ensaios à escala piloto, para menores quantidades ou até mesmo substituídos para reagentes mais sustentáveis para o meio ambiente.

Quadro 81 - Químicos que vão ser integrados nos processos de concentração e respetivos consumos em g/t e t/ano considerando o máximo de 1.500.000 t/ano

Etapa	MIBC (g/t)	EDA (g/t)	HF (g/t)	K2C:PEG 70:30 (g/t)	Flotigam 5803 (g/t)	Tempo (min.)
Mica rougher + scavenger	30	200	-	-	-	4.5
Pet. rougher + scavenger	-	-	2700	600	-	6
1st cleaner	-	-	500	50	-	5
1st cleaner scavenger	-	-	500	50	-	4
2nd cleaner	-	-	500	-	-	5
3rd cleaner	-	-	500	-	-	5
4th cleaner	-	-	500	-	80	2
5th cleaner	-	-	500	-	-	2
Total	30	200	5700	700	80	33.5

A montante dos circuitos de flutuação por espumas, não se utilizam quaisquer reagentes químicos. De acordo com o conhecimento mais atual, o regime de reagentes necessário à efetiva concentração de petalite encontra-se discriminado no Quadro 82, considerando como base o trabalho desenvolvido pela Metso – Outotec, dimensionou-se os reagentes e suas quantidades com base no ROM pretendido de 1 500 000 toneladas anuais de processamento de minério na lavaria.

Quadro 82 - Químicos que vão ser integrados nos processos de concentração e respetivos consumos em g/t e t/ano considerando o máximo de 1 500 000 t/ano

Reagentes	Consumo aproximado (g/t)	Consumo aproximado anual (t/ano)	Quantidade máxima armazenada	Condições de armazenamento
Fluoreto de hidrogénio – HF	5 700	8 550	150 m^3	5 silos de 30 m^3 com bacia de retenção
Oleato PEG	210	315	9 ton	Tambores colocados numa bacia de retenção / armazenamento no armazém
***Clariant* Flotigam K2C**	490	735	20 ton	Tambores colocados numa bacia de retenção / armazenamento no armazém
MIBC ("metilisobutilcarbinol")	30	45	1 ton	Tambores colocados numa bacia de retenção / armazenamento no armazém
Cloreto de sódio – NaCl;	2 000	3 000	85 ton	Big-bags de 500 Kg armazenados no armazém de produtos químicos
Cloreto de potássio – KCl;	2 000	3 000	85 ton	Big-bags de 500 Kg armazenados no armazém de produtos químicos
***Clariant* Flotigam EDA.**	200	300	8 ton	Tambores colocados numa bacia de retenção / armazenamento no armazém
Flotigam 5803	80	120	3 ton	Tambores colocados numa bacia de retenção / armazenamento no armazém

Relativamente à flutuação de micas consideram-se utilizar as seguintes substâncias químicas: (1) MIBC (metilisobutilcarbinol), que é um composto químico orgânico usado principalmente como espumante na flutuação; e (2) *Clariant Flotigam* EDA (alquil éter amina de fórmula $H_3C(CH_2)_9$-O-$(CH_2)_3$-NH_3^+).

No caso da petalite, as primeiras etapas da flutuação ("rougher", "scavenger", "cleaner" 1 e "cleaner" 2), que objetivam a remoção de feldspatos num meio salino KCl/NaCl a 10%, o regime

de reagentes é uma mistura de *Clariant Flotigam* K2C (70%) e *PEG*-oleato (éster de ácido oleico; 30%) como coletores. Como a utilização destes reagentes está inteiramente relacionada numa proporção de 70:30 para o K2C:PEG, foram calculados os valores totais segundo essa mesma proporção.

De seguida, o concentrado de petalite será filtrado, lavado com água para assim alimentar as seguintes etapas de flutuação onde o quartzo e outros minerais acessórios são definitivamente removidos para se atingir o concentrado final pretendido. Nas etapas "cleaner"2, 3 e 4, o meio em que ocorrem os processos de flutuação é a água e o ácido fluorídrico – HF, que funciona como ativador da petalite e deverá ser adicionado em todas as etapas de flutuação previstas dos "cleaners". Assim, com esse efeito obter-se-ão maiores taxas de formação de bolhas de ar com petalite e a sua consequente remoção mecânica. É importante ainda referir e enfatizar que os processos de flutuação por espumas vão usar agentes químicos biodegradáveis que vão ser tratados e reciclados posteriormente. Independentemente de o pH em circuito de flutuação ser de 2,5 (ácido), está igualmente prevista a neutralização do pH numa estação de tratamento de águas – ETARIC /soluções aquosas.

Concentrador

Os "stocks" adequados de reagentes e consumíveis vão ser armazenados em local adjacente ao concentrador e refinaria de forma a garantir que os processos não são interrompidos. Esse local será o armazém de substâncias químicas que conterá todas as normativas e padrões de segurança, de acordo com os produtos a armazenar. Em processo continuo, quando iniciado no CAM, através da moagem via húmida, os materiais irão necessariamente alimentar os processos no concentrador. Todos os transportes dos materiais entre os diversos processos implícitos à transformação do minério, serão realizados por tela transportadora.

Já após todo o processamento mineral que visa a produção de concentrados de petalite, o mesmo será direcionado para o calcinador (1ª etapa na refinaria). Tanto o concentrado de petalite, como as misturas quartzo-feldspáticas com destino à venda para potenciais clientes, serão ambientalmente benignos, no entanto, ter-se-á particular atenção, embora não se sucedam libertação de poeiras ou qualquer tipo de escoamento ou emissões. Caso a produção da refinaria necessite de parar para eventuais manutenções, o armazém de produto acabado deverá ter a capacidade para 7 dias de produção de concentrados de petalite, ou seja, entre 2 000 e 4 000 toneladas, correspondentes respetivamente a minérios com conteúdos mínimos de 10% em petalite e razoáveis de 20%.

3. Hidrometalurgia

3.1. Descrição das técnicas hidrometalúrgicas

Quanto à transformação química ou metalúrgica dos concentrados petalíticos, esta é exequível, genericamente, por duas formas distintas: (1) lixiviação ácida via ácido sulfúrico – H_2SO_4 e; (2) a lixiviação via carbonato de sódio – Na_2CO_3 sob pressão. Independentemente do químico responsável (H_2SO_4 ou Na_2CO_3) pelo principal ataque químico (lixiviação – "leaching" dos concentrados previamente calcinados, ou seja, sujeitos a altas temperaturas), o que é também relevante, é a reciclagem sistemática de químicos nos processos.

Os edifícios denominados por Unidade de Calcinação (constituído essencialmente por um calcinador) e a fábrica hidrometalúrgica, correspondem às áreas onde decorrerá a transformação química/hidrometalúrgica dos concentrados de petalite em hidróxido de lítio mono-hidratado ($LiOH.H_2O$) ultrapuro. O circuito inicia-se na unidade de calcinação onde decorrerá a calcinação a 1 100 °C dos concentrados petalíticos. Após a calcinação, os produtos são arrefecidos e, através de um tapete, a ß-espodumena neoformada alimenta os subsequentes processos hidrometalúrgicos que decorrem na fábrica hidrometalúrgica.

Quanto à transformação química dos concentrados de petalite, esta é exequível recorrendo à calcinação teórica aproximadamente de 1 100 °C num forno que resulta numa fase amorfa e solúvel denominada de β-espodumena que é de seguida arrefecida a 80°C recorrendo a água. Esta nova espécie (β-espodumena) é mais suscetível ao ataque químico seguinte, que consiste ora num processo de lixiviação a alta pressão com recurso a carbonato de sódio (Na_2CO_3) entre os 200 e os 220°C de temperatura ("soda leaching").

É importante também referir que o método convencional via "sulphuric acid leaching", que por sua vez envolve o ataque químico ao neoformado sulfato de lítio – Li_2SO_4 (resultante da reação entre a β-espodumena e o ácido sulfúrico – H_2SO_4) por hidrogenocarbonato de sódio $NaHCO_3$ para formar carbonato de lítio – Li_2CO_3 ou hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) para a precipitação de hidróxido de lítio mono-hidratado – $LiOH.H_2O$, é aquela mais comummente utilizada e estudada mundialmente (para espodumena, petalite, lepidolite e também a argila hectorítica). É também a que está rotinada industrialmente (exclusivamente de espodumena) na China pela Tianqi Lithium (e.g. Shehong, Zhangjiagang e Tongliang) assim como em breve na região oeste da Austrália ("Kwinana Industrial Area") e por esse motivo destacam-se algumas referências de

interesse para melhor se contextualizarem estes factos (Amer, 2008; Sitando & Crouse, 2012; Meshram *et al.,* 2014; Margarido *et al*., 2014; Wise, 2018).

Por ser factual que o método hidrometalúrgico "acid-leaching" ser a referência mundial aplicada à indústria, é fundamental frisar, que a depender do desenvolvimento tecnológico futuro e do posicionamento do mercado (futuros clientes), não se descarta de todo, o processo metalúrgico via "soda-leaching" para o CAM. Apesar deste, não estar ainda rotinado e comercialmente implementado à escala industrial, realça-se que este já foi confirmado como eficaz para a recuperação de pelo menos 80% de $LiOH.H_2O$ a partir de aluminossilicatos de lítio anidros similares à petalite (espodumena) em escala piloto (*e.g.* Projetos *Keliber* – Finlândia e *Critical Elements* – Canadá). Como se descreve sucintamente em seguida, o método através da via alcalina ("soda") patenteada pela *Outotec Oy*, no processo de lixiviação "leaching", ocorre a formação direta de carbonato de lítio – Li_2CO_3 e de um feldspatoide hidratado denominado de analcite ($NaAlSi_2O_6.H_2O$). A solução contendo Li_2CO_3 é depois purificada por troca ou permuta iónica e elementos/impurezas como o magnésio – Mg, alumínio – Al e o ferro – Fe são removidos. Seguidamente, o Li_2CO_3 cristaliza por evaporação de CO_2 após aquecimento a 90 °C, sendo ainda subsequentemente filtrado e desidratado. A partir desta fase do processo, o carbonato de lítio – Li_2CO_3 é sujeito à efetiva conversão em hidróxido de lítio mono-hidratado – $LiOH.H_2O$ a partir da reação com leite de cal ($Ca(OH)_2$) da qual, para além do $LiOH.H_2O$, resulta igualmente carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Depois é necessária a filtração e lavagem do resíduo, purificação por permuta iónica, seguida de nova cristalização e lavagem dos sais de $LiOH.H_2O$. A água em excesso deverá ser neutralizada numa unidade de tratamento com leite de cal ($Ca(OH)_2$). De grosso modo, é esta a sequência de atividades/testes de I&D necessários à produção de hidróxido de lítio mono-hidratado – $LiOH.H_2O$, que se encontra descrito em Tihonen e Haavanlammi (2015) e Tihonen *et al.* (2019) e que igualmente se apresenta de uma forma genérica e de forma mais detalhada na Figura 263 e Figura 264. É também relevante mencionar, que os impactes ambientais através do método hidrometalúrgico "soda-leaching" embora careçam de estudos mais aprofundados, possam ser menores, e por isso mesmo, a Lusorecursos tenciona o desenvolvimento e continuidade nos estudos do seu minério para que futuramente possa vir a optar pelo método mais sustentável.

Figura 263 - Fluxograma de processo genérico para a transformação química de petalite para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado via "soda leaching"

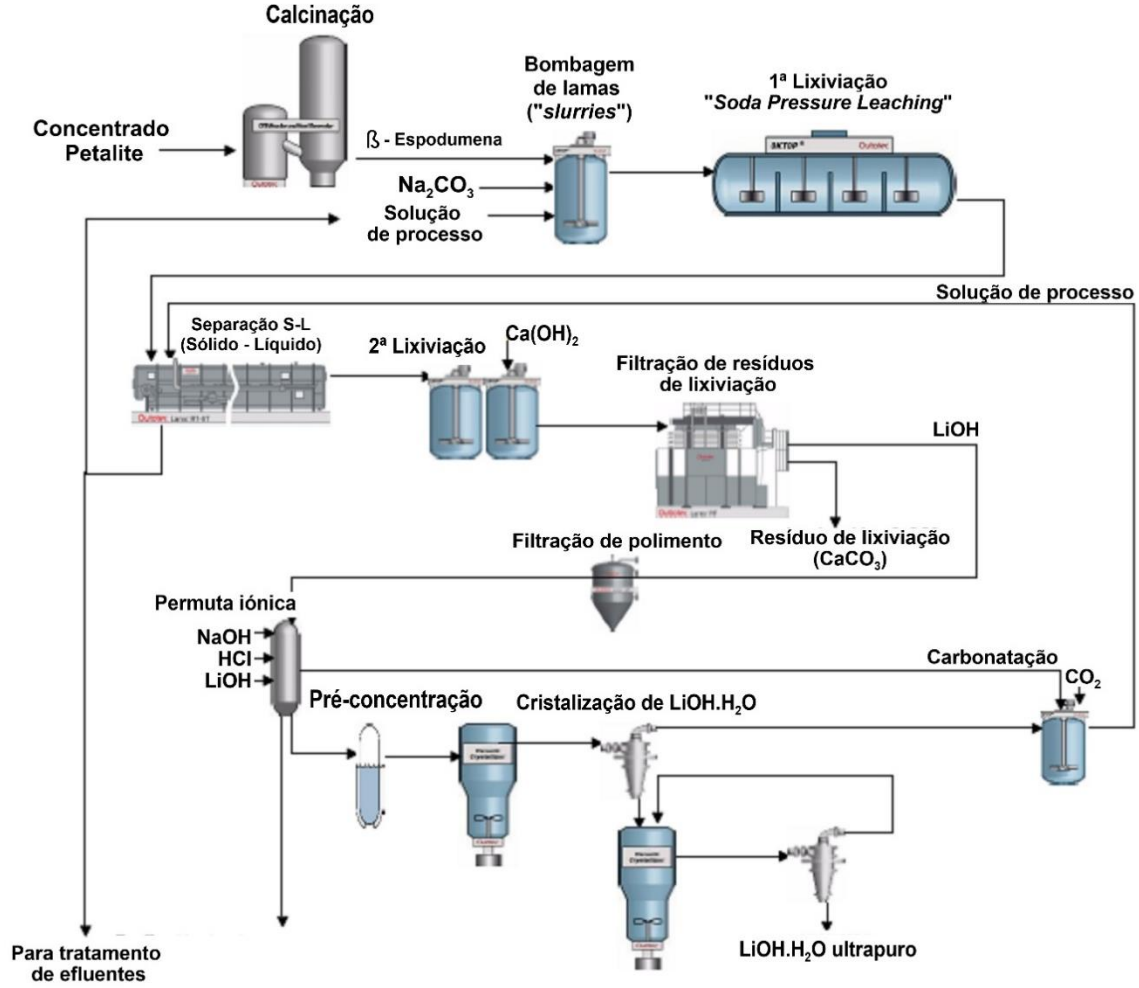


Figura 264 - Fluxograma de processo mais detalhado sobre o processo "soda leaching" para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade"

3.1.1. Acid-leaching

3.1.1.1. Princípios e premissas base para o processo hidrometalúrgico

De forma a um melhor enquadramento dos processos e com base nos dados atuais, descreve-se de seguida, alguns pontos-chave, tidos em consideração pela Hatch para o estudo da fábrica hidrometalúrgica a implementar no CAM:

- Com base no trabalho desenvolvido no Centro de Pesquisa da Metso - Outotec em Pori, Finlândia, a tração de massa média e o conteúdo de Li_2O no concentrado foi de 10,1% e 3,89% a 4,09%, respetivamente. Considerando que a processamento alvo da lavaria é de 1,5 Mton por ano (alimentação para o concentrador, conforme documentado anteriormente), a base para esta avaliação da fábrica hidrometalúrgica será de 151,5 quilotoneladas por ano ou 151 500 toneladas/ano de concentrado de petalite com teores entre 3,89% - 4,09% de Li_2O. A recuperação de 85% em toda a fábrica reflete uma taxa de produção alvo de 14 000 toneladas por ano de hidróxido de lítio mono-hidratado, com o minério da concessão do “Romano”;
- A combustão de gás natural é considerada como base para a geração de calor nos fornos de calcinação e torrefação ácida, secadores de produto e ainda para a produção de vapor numa caldeira. Alguns números indicativos para as emissões associadas a fontes alternativas de combustível "verde" são fornecidos para termos comparativos para avaliação das intenções futuras no projeto da Lusorecursos;
- As concentrações de poluentes delineadas, são limites típicos para fábricas instaladas noutros locais (Austrália) - a Lusorecursos futuramente terá que desenvolver trabalhos com maior detalhe para aprimorar as concentrações de poluentes necessárias para a área em que a fábrica será projetada e construída;
- Em relação ao tamanho e a localização das chaminés, os valores apresentados são estimativas baseadas nos dados publicados da Albemarle para a fábrica hidrometalúrgica de Kemerton e exigirão confirmação por meio de modelação da dispersão e desenvolvimento de layout.

A Figura 265 demostra em termos práticos, a título de exemplo, uma Fábrica Hidrometalúrgica para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado.

Figura 265 - Exemplo de uma Fábrica Hidrometalúrgica para produção de hidróxido de lítio para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado “battery-grade”

3.1.1.2. Descrição do processo hidrometalúrgico

Na Figura 266 apresenta-se o fluxograma detalhado para a opção via lixiviação ácida convencional, seguindo-se uma descrição das diversas etapas, para obtenção de hidróxido de lítio, assim como, do subproduto resultante do processo, sulfato de sódio. O Balanço mássico, será apresentado no Anexo A e deverá ser consultado para evidenciar os processos decorridos para a purificação do hidróxido de lítio.

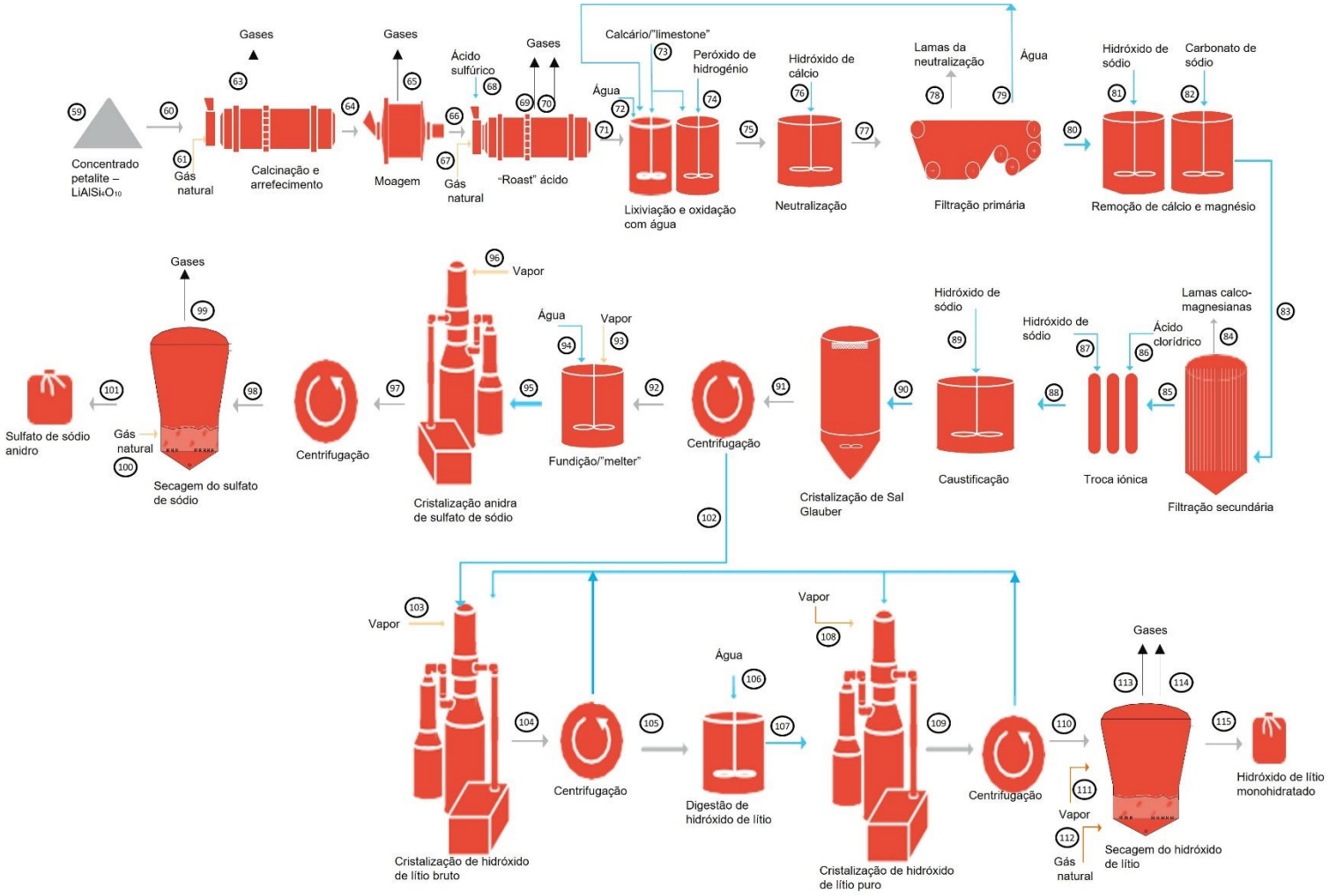


Figura 266 - Fluxo de processo detalhado sobre o processo "acid leaching" para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade"

3.1.1.2.1. Calcinação, Moagem e “Roasting” ácido

A via de sulfatação para a produção de produtos químicos de lítio é comumente utilizada e comprovada em escala comercial/industrial e de acordo com as especificações de “battery-grade”, como já referido anteriormente.

O processo é contínuo e inicia-se com o concentrado de petalite obtido na lavaria, que é alimentado num forno/calcinador rotativo de queima direta, onde passa por uma mudança de fase, o que torna o lítio passível de sulfatação ácida e respetiva lixiviação. A temperatura de conversão deve ser de aproximadamente 1 100 °C, que é a temperatura normalmente necessária para a mudança para uma fase amorfa e solúvel denominada de β-espodumena. Essa temperatura deve ser confirmada para o concentrado específico destinado ao circuito (Figura 267).

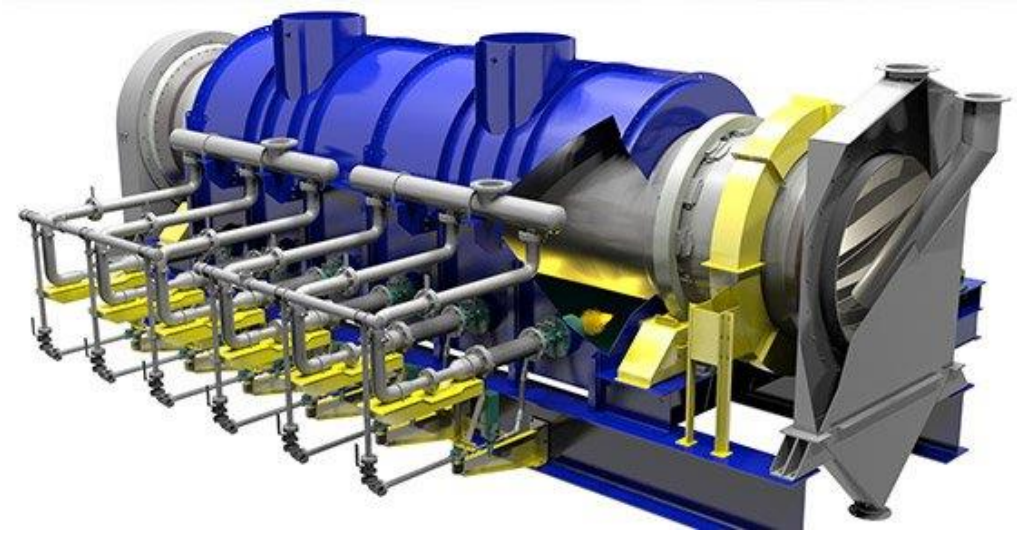


Figura 267 - Exemplar conceptual de um calcinador. O forno do “roast” ácido é em termos de dimensão e estrutura será semelhante ao calcinador, apenas diferem os processos aplicados.

A torrefação/”roasting” é um processo de aquecimento de um minério de sulfeto a uma alta temperatura na presença de ar. É muito comum este tipo de procedimento como uma etapa do processamento de certos minérios, ao redor do mundo. Mais especificamente, a torrefação/”roasting” é um processo metalúrgico que envolve reações gás-sólido a temperaturas elevadas com o objetivo de purificar o(s) componente(s) de metal(ais).

O produto do forno/calcinador é indiretamente arrefecado em um refrigerador rotativo antes da moagem a seco em um moinho de bolas na preparação para o “roasting” ácido. O gás residual é geralmente usado para pré-aquecimento para melhorar a eficiência energética antes de ser libertado. Geralmente, a remoção de poeira é realizada através de filtros de mangas

(“baghouse”) ou ESP (precipitadores eletrostáticos) ou uma combinação dos dois, com a poeira a retornar ao calcinador e o gás residual libertado para a atmosfera através da respetiva chaminé.

O produto da calcinação moído é misturado com ácido sulfúrico concentrado e o “roasted” para produzir sulfatos solúveis em água. A poeira gerada no moinho de bolas é coletada através de filtros de mangas. A torrefação/”roasting” ácida da β-espodumena calcinada geralmente ocorre em um forno/calcinador rotativo de queima indireta, onde a temperatura de torrefação/”roasting” é de cerca de 250 °C e o ácido sulfúrico concentrado é tipicamente adicionado com aproximadamente 40-50% de excesso ao necessário para a conversão total de lítio. O gás do queimador é libertado para a atmosfera através de uma chaminé. O gás de sulfatação geralmente passa por um sistema de limpeza de gás que pode consistir em um purificador de água e um precipitador eletrostático húmido (WESP) para remover névoa ácida e partículas a fim de atender às regulamentações ambientais. O gás residual limpo do sistema de gás residual será libertado através da respetiva chaminé. A descarga de sólidos do” roaster” é arrefecido até a temperatura desejável para a próxima etapa que se segue, mais concretamente, a lixiviação.

3.1.1.2.2. Lixiviação, Oxidação, Neutralização e Remoção de impurezas

Os sólidos de descarga arrefecidos são lixiviados na água do processo e em soluções recicladas do processo posterior, como o filtrado de lavagem. A lixiviação produz uma solução rica em sulfato. A lama de lixiviação pode ser oxidada para converter quaisquer iões ferrosos em iões férricos para remoção de ferro em um pH de aproximadamente 2, o que é obtido com a adição de um reagente de neutralização.

A solução rica em sulfato é posteriormente neutralizada para pH de 6-7. O processo de neutralização remove a maior parte do alumínio e ferro como precipitados de hidróxido. Como resíduos, nesta etapa surgem o gesso e ainda uma porção de cal que não reagiram anteriormente. Esta etapa de neutralização produz emissões de dióxido de carbono que contribuem para a libertação involuntária de emissões da fábrica hidrometalúrgica. O hidróxido de sódio pode ser usado como um reagente de neutralização alternativo e não produzirá gases, porém aumentará os custos operacionais e a produção de sulfato de sódio. Os sólidos residuais são então separados da solução de lixiviação em um filtro de correia ou filtro-prensa, dependendo dos requisitos de humidade para o destino dos resíduos e das restrições de uso de água no local. Ambos os filtros funcionarão com lavagem do “cake” para maximizar a

recuperação de lítio do resíduo. O filtrado de lavagem é reciclado para o armazenamento do licor de lixiviação e o "cake" filtrado é transportado para uma área de resíduos no Armazém de resíduos. O resíduo deve ser transferido para fora do local para descarte e tratamento por reguladores autorizados e licenciados para este tipo de resíduos.

O filtrado é posteriormente purificado para remover o magnésio e o cálcio da solução em um processo de duas etapas. A primeira etapa precipita o hidróxido de magnésio em pH 10-11 pela adição de hidróxido de sódio, seguida pela segunda etapa onde o carbonato de cálcio é precipitado pela adição de carbonato de sódio. Um filtro de polimento remove os sólidos precipitados finos, que são lavados para maximizar a recuperação de lítio. O resíduo do filtro pode ser combinado com o "cake" primário filtrado e disposto de maneira semelhante.

Geralmente, a troca iónica é usada para purificar a solução de lixiviação. Os contaminantes residuais, nomeadamente ferro, cálcio, magnésio e alumínio, são removidos a uma concentração aceitável abaixo de 1 ppm. A resina carregada é eluída com ácido clorídrico e regenerada com hidróxido de lítio ou solução de hidróxido de sódio. Os resíduos da regeneração IX irão descarregar no sistema de tratamento de resíduos.

3.1.1.2.3. Caustificação e produção de sulfato de sódio

A solução de lítio purificada é misturada com licores de reciclagem de lítio cáusticos e reage com uma solução de hidróxido de sódio para formar outras soluções, nomeadamente hidróxido de lítio e sulfato de sódio que alimentará a cristalização de Sal de "Glauber". Todos os equipamentos que estejam em contacto com hidróxido de lítio devem ser dimensionados com uma manta de ar livre de CO_2 para minimizar a formação de carbonato de lítio.

A cristalização do deca-hidrato de sulfato de sódio (sal de Glauber) resulta do arrefecimento da solução a aproximadamente -5 °C em um cristalizador (Figura 268). Os cristais do mesmo, são desidratados em uma centrifugadora, sendo que o líquido resultante do processo de cristalização do deca-hidrato de sulfato de sódio, é um líquido enriquecido em hidróxido de lítio e segue para o devido tratamento e purificação para obtenção de hidróxido de lítio mono-hidratado. O "cake" lavado é enviado para o aparelho de fundição do deca-hidratado de sulfato de sódio, que está equipado com um gerador de calor a vapor do aparelho de fusão para elevar a temperatura dos cristais acima de 32 °C, que derrete o "Sal de Glauber". A lama fundida de sulfato de sódio é alimentada ao cristalizador de sulfato de sódio anidro.

Figura 268 - Exemplar conceptual de cristalizadores. O aspeto estrutural será igual nos diversos cristalizadores utilizados durante o processo

O licor de sulfato de sódio fundido é alimentado a um cristalizador evaporativo para formar sulfato de sódio anidro. Os cristais anidros de sulfato de sódio são desidratados e lavados em um centrifugador antes de alimentar um secador. O sulfato de sódio seco é pesado e embalado, pronto para transporte para descarte fora do local ou para um cliente como um subproduto vendável.

3.1.1.2.4. Cristalização, digestão e produção de hidróxido de lítio

A partir do líquido centrifugado enriquecido em hidróxido de lítio, o filtrado é procedido a uma cristalização de hidróxido de lítio bruto com o principal responsável pelo aumento da temperatura ser o calor gerado pelo vapor introduzido no sistema. Segue-se uma centrifugação com recuperação da água a ser retornada novamente ao cristalizador de hidróxido de lítio bruto. Na etapa seguinte, é realizada uma digestão do hidróxido de lítio, seguido novamente de uma cristalização de hidróxido de lítio, agora com um grau de pureza maior. O circuito progride com uma nova etapa de centrifugação com o filtrado a ser circularmente reencaminhado por retorno para as duas fases de cristalização, de modo a recuperar e purificar ao máximo o hidróxido de lítio. Por último, o hidróxido de lítio alimenta um secador para obtenção do produto final, o hidróxido de lítio mono-hidratado ultrapuro.

3.1.1.2.5. Tratamento de água residual

Os fluxos de águas residuais, como resíduos IX, sangramentos, águas pluviais, escoamento do local, purga da caldeira, purga das torres de resfriamento e salmouras das usinas de água de RO e de desminagem deverão ser tratados no cristalizador a instalar.

3.1.1.2.6. Reagentes

Os reagentes são misturados e armazenados junto desta área e incluem hidróxido de cálcio, carbonato de sódio, hidróxido de sódio, ácido clorídrico, ácido sulfúrico, peróxido de hidrogénio e ainda um auxiliar de filtração.

Cada reagente na área será individualmente agrupado para contenção no caso de derramamento e para evitar a mistura de reagentes incompatíveis. O derramamento na área de armazenagem e o derramamento na fábrica hidrometalúrgica serão imediatamente tratados de acordo com as fichas técnicas de segurança de cada um dos reagentes, quando necessário, para atender aos requisitos regulamentares e posteriormente encaminhados para um regulador que tratará do seu fim adequado.

3.1.1.2.7. Utilitários e serviços

- O vapor será produzido na caldeira a gás natural. O gás resultante do queimador da caldeira será libertado na atmosfera através da chaminé respetiva;
- Como forma de "backup", caso seja necessário, será fornecido diesel para operação de veículos e equipamentos móveis, bombas de água de incêndio e geradores de reserva;
- Água bruta será fornecida à fábrica hidrometalúrgica;
- A água de arrefecimento deve estar na fábrica hidrometalúrgica. As perdas evaporativas serão libertadas para a atmosfera, através da respetiva chaminé.

3.1.2. Substâncias químicas no processo

Os quadros seguintes, Quadros 83 e 84 respetivamente, descrevem o consumo de reagentes e da sua utilidade para o fluxograma do processo convencional ("acid-leaching") com base no balanço preliminar de massa e energia. Os resultados exigirão confirmação após a conclusão de um balanço de energia de massa em alinhamento com os critérios de design do processo e suportados por um desenvolvimento e investigação com o minério da concessão do "Romano".

Quadro 83 - Resumo do consumo de reagentes para o processo via "acid-leaching". * ktpa- quilotoneladas por ano

Reagentes	Consumo (ktpa)	Processo convencional ("acid-leaching")	Quantidade máxima armazenada	Condições de Armazenamento
Ácido sulfúrico	29	– Lixiviação ácida da beta-espodumena para sulfatos de metal; – Ajuste de pH após remoção de Ca/Mg; – Neutralização da água residual.	– 50 ton	– **Tambores colocados numa bacia de retenção no armazém**
Carbonato de sódio	1	– Remoção de cálcio; – Tratamento do fluxo de sangramento de hidróxido de lítio solúvel em precipitado de carbonato de lítio.	– 25 ton	– **Big-bags de 500 Kg armazenados no armazém de produtos químicos**
Hidróxido de cálcio hidratado	9	– Neutralização após lixiviação ácida.	– 25 ton	– **Silos no exterior**
Auxiliar de filtro	1	– Polimento e filtração secundária.	– -	– -
Ácido clorídrico	1	– Troca iónica.	– 20 ton	– **Tambores colocados numa bacia de retenção / armazenamento no armazém**
Hidróxido de sódio	32	– Causticização de sulfato de lítio, produzindo sulfato de sódio solúvel e hidróxido de lítio; – Ajuste de pH para a remoção de Ca e Mg; – Tratamento de efluente gasoso de torrefação/"roasting" ácida; – A solução de LiOH é usada para a regeneração IX invés de NaOH.	– 60 ton	– **Tambores colocados numa bacia de retenção / armazenamento no armazém**
Peróxido de hidrogénio	3	– Oxidação do ferro para facilitar a precipitação e remoção após a neutralização.	– **60 ton**	– **Tambores colocados numa bacia de retenção / armazenamento no armazém**

Quadro 84 - Resumo do consumo de reagentes para o processo via "acid-leaching". * ktpa- quilotoneladas por ano

Utilidade	Consumos (ktpa)	Processo convencional ("acid-leaching")
Gás natural	11	– Forno de calcinação; – Forno "acid roast"; – Secador de sulfato de sódio; – Secador de hidróxido de lítio; – Caldeira a vapor.
Água bruta ("raw water")	200	– Água de lavagem do filtro primário, de polimento e secundário (os filtros primário e secundário têm baixa carga de sólidos e, portanto, a necessidade de água de lavagem é menor do que para o filtro secundário para o processo via "soda-leaching" Outotec); – Planta de água desmineralizada – Lavagem IX; – Purificador do "acid roast".
Vapor	16	– Cristalizadores de hidróxido de lítio bruto e puro; – Cristalizador de sulfato de sódio; – Tratamento do fluxo de sangramento; – Derretimento do "Sal de Glauber".
Água arrefecimento	7 600	– Arrefecimento calcinador; – Arrefecimento do "acid roast"; – Purificador do "acid roast"; – Arrefecimento do produto de LiOH.
Água Desionizada "DI Water"	20	– Composição da caldeira a vapor; – Água de lavagem do centrifugador de hidróxido de lítio puro.

O concentrado de petalite é convertido em hidróxido de lítio mono-hidratado na refinaria de lítio, ou seja, no Complexo de Anexos Mineiros composto pelos processos de calcinação e hidrometalúrgicos. O composto de lítio será igualmente armazenado no Complexo de Anexos Mineiros, com capacidade sobredimensionada para duas semanas de produção (a 50 toneladas/dia são cerca de 700 toneladas). Seguidamente, o produto químico "battery grade" será enviado através de rodovia em camiões semi-reboque de carga, em lona, de 27 toneladas e será transportado para o(s) cliente(s) final(ais).

Por outro lado, os produtos químicos necessários para a refinação de minérios de lítio (petalite, mas também espodumena quiçá no futuro dadas as semelhanças em termos químicos entre estas substâncias para o efeito pretendido) são provenientes de remessas que ainda não estão definidas, mas em princípio devem passar exclusivamente pelo fornecimento interno, ou seja, fornecedores da indústria química nacionais que cumpram todos os requisitos de segurança, ou em caso de falta de matéria-prima em território nacional, o fornecimento contratado de fornecedores internacionais que sustentem um aprovisionamento regular.

3.2. Saídas e emissões da fábrica hidrometalúrgica

3.2.1. Resíduos e Efluentes Líquidos

O Quadro seguinte descreve sucintamente os resíduos e efluentes líquidos resultantes do fluxograma do processo de transformação da petalite em hidróxido de lítio via método convencional ("acid-leaching"). O destino a dar aos recursos minerais secundários formados durante o processo na fábrica hidrometalúrgica, deverá ser similar ao projetado para o hidróxido de lítio ultrapuro, ou seja, após negociação com clientes específicos, a Lusorecursos encarregar-se-á de colocar o produto no mercado salvaguardando todas as questões de segurança e ambiente.

Quadro 85 - Quadro dos resíduos e efluentes líquidos do processo via "acid-leaching". * ktpa- quilotoneladas por ano

Saídas	Convencional (ktpa)
Resíduo de Lixiviação (Sólidos)	142 (secos)
Sulfato de sódio	26
Água residual (Efluente líquido)[(1)]	35

[(1)] Existem oportunidades para incorporar um cristalizador de águas residuais se a descarga líquida zero for necessária onde a Fábrica hidrometalúrgica irá ser construída. A água recuperada será reciclada como água de processo, reduzindo o consumo de água bruta fresca, enquanto os sólidos precipitados da solução são filtrados e combinados com o resíduo que sai do sistema.

Os resíduos de lixiviação, sólidos secos serão temporariamente armazenados pelo período máximo de duas semanas, até serem levantados por um regulador autorizado para o descarte e tratamento dos mesmos. Neste sentido, os resíduos serão colocados num Parque de resíduos, com uma duração máxima de duas semanas, que terá que terá capacidade de armazenamento para cerca de 5 600 toneladas nessas duas semanas. O sulfato de sódio, considerado um subproduto, será devidamente embalado e condicionado, sendo armazenado no Armazém de produto final e será depois expedido para o cliente. As águas residuais serão tratadas no cristalizador, permitindo uma descarga de efluentes nula, e novamente utilizada como água do processo, que fará com que o consumo de água fresca no processo seja reduzido.

3.2.2. Fontes de emissão

Neste subcapítulo, serão descritas as diversas informações indicativas para as emissões gasosas incluindo o caudal, tipo de gás e concentração, bem como a possível localização, altura e diâmetro das chaminés no CAM.

O seguinte fornece uma descrição qualitativa das emissões gasosas que são comuns para ambos os fluxogramas:

- Gás residual de calcinação - o gás residual do calcinador inclui os produtos do gás residual da combustão do queimador (CO_2 e traços de CH_4, NOx), bem como poeira transportada do calcinador. O material particulado no gás de exaustão será tipicamente regulado em aproximadamente <30 mg/Nm^3 seco e NOx em aproximadamente 100-300 mg/Nm^3 seco. Para atingir a meta de partículas, o gás de exaustão do forno será normalmente tratado por meio de uma série de ciclones (também atuando como pré-aquecedores) e utilizados filtros de mangas. Um precipitador eletrostático pode, alternativamente, ser utilizado para este serviço;
- Gás residual do moinho de bolas - o gás residual do moinho de bolas calcinado contém partículas finas. Tal como acontece com o gás residual da calcinação, o material particulado será normalmente regulado em <30 mg/Nm^3 seco. O gás residual é normalmente tratado por filtros de mangas para cumprimento dos regulamentos de PM.
- Gás residual que resulta do secador de hidróxido de lítio - secadores de leito fluidizado são frequentemente usados para a secagem de hidróxido de lítio que produz gases de combustão do queimador, principalmente contendo CO_2, mas também traços de CH_4 e NOx, bem como o gás de exaustão do secador. Como o composto de lítio é sensível à temperatura, o gás de exaustão do queimador a temperaturas altas não é usado diretamente para o processo de secagem; em vez disso, o gás quente indiretamente aquece uma corrente de ar de recirculação que é então alimentada para o vaso secador de leito fluidizado. O gás de exaustão do secador conterá sólidos de hidróxido de lítio mono - hidratado. Apesar dos limites de partículas de <30 mg/Nm^3, um purificador de gases libertados, é geralmente incluído no projeto para trazer a concentração de partículas abaixo do limite da fonte pontual e recuperar o produto valioso para benefícios económicos. Alternativamente, o vapor da fábrica hidrometalúrgica pode ser utilizado como a principal fonte de calor que irá aquecer a corrente de ar de recirculação que subsequentemente é utilizada no secador de leito fluidizado. Isso compensará as emissões de combustão direta no secador, mas aumentará as emissões da caldeira a vapor;

- Gás residual da caldeira a vapor - o gás residual da combustão é produzido no processo de geração de calor para a caldeira a vapor.

As seguintes fontes de emissões são relevantes para o projeto convencional de torrefação/"roasting" e lixiviação ácida.

- Gás residual da torrefação/"roasting" ácido - como parte da área de torrefação ácida, haverá gás residual de combustão do queimador, contendo principalmente CO_2, mas também vestígios de CH_4 e NOx. Por outro lado, existe ainda o gás residual proveniente do forno de torrefação ácida e posteriormente tratado (geralmente por meio de um purificador "venturi", seguida de uma precipitação eletrostática húmida). Normalmente, o gás libertado será tratado a um nível de névoa ácida de H_2SO_4 de <50 mg/Nm^3 seco e um nível de SO_2 de 50-200 mg/Nm^3 seco.
- Gás residual do secador com sulfato de sódio - os secadores de leito fluidizado são frequentemente utilizados para a secagem do produto de sulfato de sódio para o qual existe gás residual resultante da combustão. Ao contrário do hidróxido de lítio, o secador geralmente só é tratado por meio de um ciclone/filtros de mangas para reduzir a concentração de partículas até os limites de regulação da fonte pontual.

Todos os limites de fontes pontuais acima mencionados estão sujeitos às diretrizes de Portugal - a Lusorecursos deve verificar as diretrizes europeias ou portuguesas apropriadas. Dependendo dos limites de fonte pontual exigidos, equipamentos adicionais de tratamento de gases podem ser incluídos ou excluídos do projeto. Em relação ao gás de combustão, a quantidade de NOx e SOx dependerá do projeto do queimador, bem como do tipo e qualidade do combustível selecionado. Como pode demostrado no Quadro 32, a depender da fonte de combustível utilizada para a geração de calor, a quantidade de emissões de CO_2 e CH_4 pode variar. Salienta-se que a Lusorecursos pretende utilizar nesta fase inicial do projeto gás natural como principal fonte de combustível para geração de calor.

3.2.2.1. Fluxo e Composição de Emissões

O Quadro 33 descreve o fluxo indicativo e as estimativas de composição para cada uma das fontes de emissões listadas acima. As emissões foram estimadas com base na experiência do projeto. Uma vez que o conteúdo de lítio na alimentação (aproximadamente 3,9% w/w Li_2O) é menor do que os projetos anteriores da Hatch para os quais os dados de emissões estão disponíveis, os pontos de emissões a montante (fornos, torragem ácida) são dimensionados com

base na produção de concentrado, enquanto o as emissões a jusante (secadores) são dimensionadas com base na taxa de produção.

As alturas das chaminés dimensionadas foram obtidas através do estudo de Avaliação de Impacto da Qualidade do Ar1 publicada pela Albemarle, que se baseia na modelação de dispersão para cada uma das fontes de emissões. Como parte de seu relatório, eles recomendam uma velocidade existente de 5 m/s para cada chaminé. Tendo isso como base, o diâmetro apropriado da chaminé é calculado com base no fluxo de emissões. A modelação da dispersão precisaria ser conduzida para verificar a altura da chaminé - a chaminé precisaria ser mais alta se fosse necessário atingir maiores dispersões. Da mesma forma, as alturas das chaminés poderão precisar ser reajustadas, a depender dos regulamentos locais.

A temperatura de saída das fontes de emissões foi obtida com base no relatório publicado da Albemarles apresenta-se conforme no Quadro 87. No entanto, durante o projeto de execução da fábrica hidrometalúrgica, os dados precisam de ser validados durante e posteriormente, a depender das condições de operação.

A emissão de gases de efeito estufa (CO_2, CH_4) são quantificadas com base em fatores de emissão para a combustão estacionária de gás natural de acordo com as diretrizes do IPCC ("Intergovernmental Panel on Climate Change"). Como identificado anteriormente, a Lusorecursos pretende a utilização de gás natural, no entanto, não é inválido que, mediante as futuras intenções se preveja a utilização de biomassa como fonte de combustível. Uma comparação das emissões esperadas de GEE originadas de fontes de combustível para o processo é apresentada no Quadro 86.

Quadro 86 - Emissões de GEE – Gases Efeito de Estufa, por fonte de combustível no processo via "acid-leaching". * ktpa- quilotoneladas por ano. Será utilizado como fonte combustível, gás natural.

Fonte combustível	CO_2 (ktpa)	CH_4 (tpa)
Gás natural	28	**0.5**
Biomassa	50	**15**
Biogás	27	**0.5**
Biocombustível	**40**	**1.5**

Quadro 87 - Resumo de emissões e características das chaminés no processo via "acid-leaching". * ktpa- quilotoneladas por ano

Fonte de emissões (Nº- corresponde à localização da chaminé no layout)	Fluxo de emissões (ktpa)		Emissão de GEE		Temp. saída	Concentrações de poluentes no gás de exaustão *				Dimensões chaminés	
	Convencional ("acid-leaching")		CO_2	CH_4		PM	H_2SO_4 mist	SO_2	NO_x	Altura	Diamêtro
	ktpa	m^3/s	ktpa	kg/a	°C	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	m	m
1. Libertação do gás de Calcinação (Queimador e Forno)	250	9.9	18	300	70	<30	-	-	100 –300	30	**1.5**
2. Libertação do gás do moinho de bolas	80	2.7	-	-	156	<30	-	-	-	30	**1**
3. Gás efluente do forno de torrefação ácida	20	0.6	-	-	33	-	<50	50-200	-	30	**0.5**
4. Libertação do gás de exaustão do Ácido "roast"	100	6.6	6	100	135	<30	-	-	100 –300	30	**1.5**
5. Libertação do gás queimador do secador de hidróxido de lítio	10	0.7	0.4	1	90	-	-	-	100 –300	20	**0.5**
6. Libertação do gás do secador de hidróxido de lítio	30	0.8	-	-	50	<30	-	-	-	20	**0.5**
7. Libertação do gás do secador de sulfato de sódio	60	1.9	0.4	1	300	<30	-	-	100 –300	20	**0.75**
8. Gás de exaustão do queimador da caldeira a vapor	30	1.3	3 - 6	60-100	300	-	-	-	100 –300	20	**0.75**
Total	**580**	**24.5**	**28**	**500**							

3.2.2.2. Localização das chaminés da fábrica hidrometalúrgica

A Figura 269 representa um layout do CAM, com a respetiva área da fábrica hidrometalúrgica, com a disposição dos locais indicativos para as chaminés. A localização é baseada na fábrica se localizar junto da área identificado como 11, com o fluxograma e em sequência, admite-se que o processo ocorra da direita para a esquerda, identificado no final como hidróxido de lítio. Com esse layout, isso significa que as chaminés dos secadores ficarão localizadas na outra extremidade do local. A localização exata da caldeira a vapor e da chaminé dedicada precisará ser confirmada após a definição do layout adicional, no entanto, deve estar localizada nas proximidades da fábrica hidrometalúrgica para uso inicial nos cristalizadores e no tratamento do fluxo de sangramento.

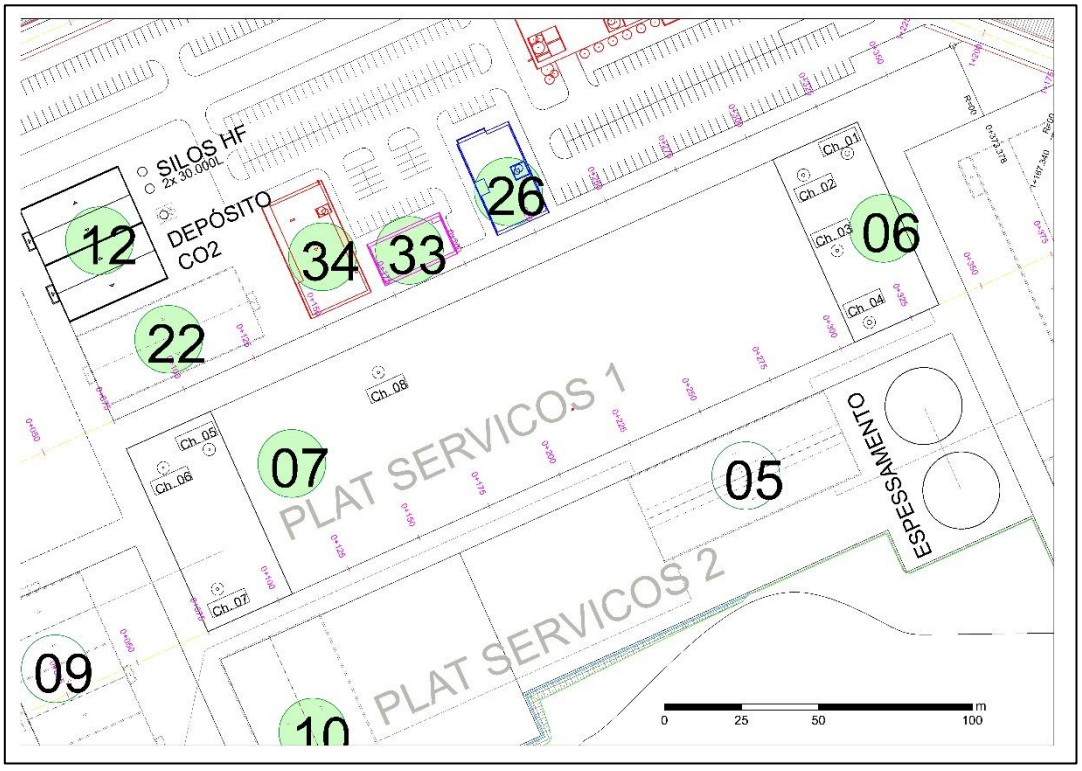


Figura 269 - Localização das chaminés (Ch) para o fluxograma de processo detalhado sobre o processo "acid leaching" para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade" na unidade de calcinação (06) e na fábrica hidrometalúrgica (07) para a Solução A

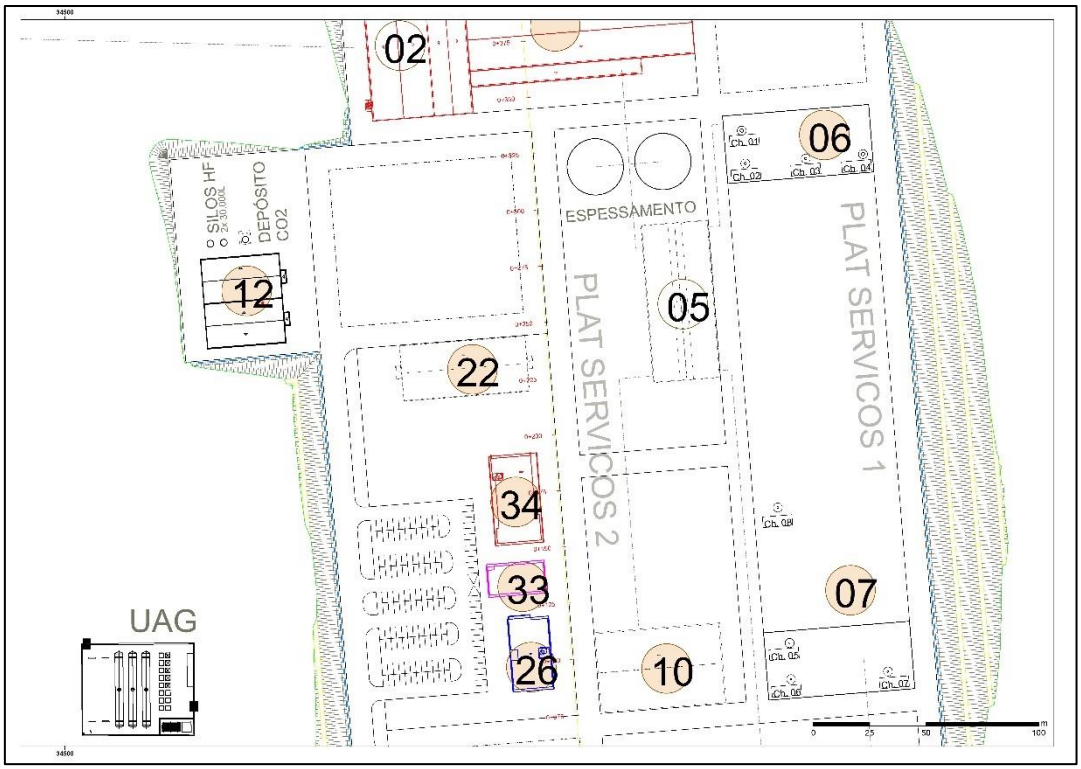


Figura 270 - Localização das chaminés (Ch) para o fluxograma de processo detalhado sobre o processo "acid leaching" para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade" na unidade de calcinação (06) e na fábrica hidrometalúrgica (07) para a Solução B

3.3. Indicações de ruído durante as operações de construção e operacionais

As informações a seguir foram obtidas diretamente da "Albemarles Noise and Vibration Assessment2" para o fluxograma convencional. Recomenda-se que um estudo de ruído de detalhe seja concluído nas fases subsequentes da apresentação do projeto em estudo prévio, para estimar os níveis de ruído ao redor da fábrica hidrometalúrgica e o impacto no meio ambiente.

O ruído causado pelas atividades de processamento mineral e metalurgia está em grande parte confinado ao Complexo de Anexos Mineiros. O ruído das atividades industriais não faz com que os níveis de referência sejam excedidos dado que as estimativas não ultrapassam os 85 decibéis a mais de 1,5 metros de distância da fonte de ruído. Os efeitos do ruído e da vibração deverão ser avaliados durante a construção e bem como ao longo de todas as operações futuramente previstas. O tráfego rodoviário será muito provavelmente a fonte mais importante de ruído durante a construção e operação do concentrador e da refinaria.

A construção requer máquinas para o efeito e estaleiros padrão que podem causar ruídos e vibrações. Além do transporte, o concentrador e a refinaria produzirão ruídos durante as operações. O ruído será muito aproximado ao que acontece noutras indústrias, como carregar e descarregar veículos, solavancos e sons de aviso que são de curta duração podendo ocorrer temporariamente a qualquer hora do dia. Salienta-se ainda que, o loteamento florestal circundante previsto atenuará de certeza o ruído, pelo que não se espera que cheguem até as áreas residenciais mais próximas. Nenhuma vibração é esperada e futuras avaliações terão em consideração os efeitos combinados do ruído do Complexo de Anexos Mineiros como um todo.

Posto isto, estima-se que globalmente, o impacto do ruído seja baixo a médio, não se esperando um impacto significativo em termos de ruído. Os efeitos da vibração também se preveem residuais.

3.2.1. Ruído- fase construção

É factual e inevitável que ocorram emissões de ruído e vibração ao longo do projeto de construção da fábrica hidrometalúrgica da Lusorecursos no CAM, que normalmente levará a um período entre 24 e 36 meses. As principais atividades de construção e potenciais fontes de ruído são: escavações e terraplanagem, construção de edifícios, fabricação e instalação de equipamentos, remoção e transferência de materiais.

3.2.2. Ruído- fase operacional

As principais fontes de ruído resultantes da fase operacional do processo de obtenção de hidróxido de lítio através do método convencional são listadas abaixo. Por norma, os limites de ruído variam entre 80 a 90 dB com alguns equipamentos que requerem tratamento acústico, isto é, especial atenção no isolamento acústico aquando da sua instalação na fábrica hidrometalúrgica.

- Moinhos de Beta - espodumena calcinada (os moinhos exigirão tratamento acústico para atingir o limite de potência sonora);
- Ventiladores de gás residual para o moinho de bolas de calcinação e gás residual de calcinação;
- Bomba de vácuo com filtro de correia - se a filtragem por correia for utilizada para filtragem primária, será necessária uma bomba de vácuo com tratamento acústico;

- Ventiladores para o gás libertado proveniente do secador e do arrefecimento de hidróxido de lítio;
- Ventiladores MVR para os cristalizadores de hidróxido de lítio puro e bruto (os ventiladores MVR exigirão tratamento acústico para controlo de potência sonora;
- Estrutura/planta de ar comprimido;
- Caldeira a vapor, ventiladores de gases de combustão da caldeira a vapor e chaminé da caldeira a vapor;
- Telas transportadoras fechadas.

As seguintes fontes principais de ruído só se aplicam ao fluxograma convencional ("acid-leaching"):

- Ventilador do purificador do "roast" ácido e ventilador de gases de combustão;
- Ventilador MVR para cristalizador de sulfato de sódio que exigirá tratamento acústico;
- Ventiladores para a libertação de gás dos secadores de sulfato de sódio que exigirá tratamento acústico.

Além das principais fontes de ruído devido aos equipamentos supracitados, as seguintes operações poderão contribuir para o ruído na fábrica hidrometalúrgica:

- Guindastes móveis;
- Empilhadores frontais;
- Guindastes para terrenos acidentados;
- Logística operativa;
- Importação de reagentes e exportação de resíduos, recursos minerais secundários e produtos via camião;
- Empilhadores para o fornecimento de produtos ao processo.

3.4. Produção estimada anual de hidróxido de lítio e outros recursos minerais secundários

Para uma produção anual de concentrados de petalite entre 151 500 a 161 250 toneladas com um teor médio de 4,0% de Li_2O, recuperação acumulada de 43,20 % (90% extração mineira x 48% no Concentrador/Lavaria e 85% na Refinaria (calcinação + hidrometalurgia) respetivamente, a produção anual conservadora de produção de $LiOH.H_2O$ é entre 14 000 a 14

501 toneladas. Não obstante, a capacidade de produção das operações industriais na fábrica hidrometalúrgica, estará dimensionada para produzir 25 000 ton/ano de hidróxido de lítio mono-hidratado ultapuro. Portanto, num cenário conservador, as operações metalúrgicas que visam a produção de hidróxido de lítio mono-hidratado – $LiOH.H_2O$ irão totalizar ao longo de 10 anos, uma produção total aproximada entre 140 000 a 145 010 toneladas, com recurso ao minério da concessão do "Romano" (Quadro 88).

Quadro 88 – Quadro síntese das quantidades e volumes do produto e subproduto da Mina do "Romano"

Produto/Subproduto	Quantidade (ton/ano)	Quantidade total (13 anos) (toneladas)	Quantidade total (m^3)	Local armazenamento	Destino
Concentrados de petalite (Densidade 2,4)	**151 500 – 161 250**	**1 515 000 – 1 612 500**	**631 250 – 671 875**	**Não ocorrerá armazenamento**	**Conversão direta na Fábrica Hidrometalúrgica**
Hidróxido de lítio (Densidade 1,46)	14 000 – 14 501	140 000 – 145 010	95 890 – 99 322	Armazém Produto Acabado – Complexo de Anexos Mineiros	Venda (em fase de prospeção de clientes)
Mistura quartzo-feldspática (feldspatos sódicos e potássicos, petalite não recuperada, presente, algum quartzo e acessórios) (aprox. 50%) - Densidade 2,60 -	**1 182 600**	**15 373 800**	**6 149 520**	**Armazém Feldspato/Quartzo – Complexo de Anexos Mineiros**	**Venda (em fase de prospeção clientes)**
Quartzo Densidade 2,65	43 800	563 400	212 604	Armazém Feldspato/Quartzo – Complexo de Anexos Mineiros	Venda (em fase de prospeção clientes
Sulfato de sódio - Densidade 2,66 -	**26 000**	**338 000**	**127 068**	**Armazém Produto Acabado - Complexo de Anexos Mineiros**	**Venda (em fase de prospeção clientes)**

4. Cronograma dos trabalhos

A Lusorecursos pretende iniciar a produção 2 a 3 anos após o início dos trabalhos de construção. Estima-se que no início de 2025 as operações estejam totalmente rotinadas e afinadas, para a concentração de petalite e posterior produção de hidróxido de lítio mono-hidratado “battery grade”.

(Página intencionalmente deixada em branco)

Referências Bibliográficas

Amer, A. (2008). *The hydrometallurgical extraction of lithium from Egyptian montmorillonite type clay*. *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society (TMS), 60*(10), 55–57.

British Geological Survey. (BGS), *Minerals UK, Lithium Profile*. 2016. Available online: http://www.bgs.ac. uk/mineralsUK/search/home.html.

Bulatovic, S.M. (2015). *Beneficiation of Lithium Ores In: Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice*, Volume3: Flotation of Industrial Minerals; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 41–56.

Jessup T. e Bulatovic S. (October 31, 2000a). *Recovery of petalite from ores containing feldspar minerals*. U.S. Patent 6, 138.835.

Jessup T. e Bulatovic S. (July 06, 2000b). *Recovery of petalite from ores containing feldspar minerals*. CIPO – Canadian Intellectual Property Office 2.313.666.

Klein, C. e Hurlbut, C.S. (1998) *Manual of Mineralogy*, John Wiley & Sons, Revised 21st edition, 704.

Lyyra, M.T., Laapas, H.R. e Heiskanen, K.G.H. (1987). *Flotation of petalite from pegmatite rock*. Department of Materials Science and Rock Engineering, Helsinki University of Technology; A.I. Roitto; Fylharaisio Corporation, Raisio, Finland.

Manser, R.M. (1975). *Handbook of Silicate Flotation*. Warren Spring Lab., Stevenage, England, 196.

Margarido, F., Vieceli, N., Durão, F., Guimarães, C. e Nogueira, C.A. (2014). *Minero-metallurgical processes for lithium recovery from pegmatitic ores*. Comunicações Geológicas LNEG, 101 Especial II: 795-798.

Meshram, P., Pandey, B. e Mankhand, T. (2014). *Extraction of lithium from primary & secondary sources by pre-treatment, leaching and separation*: A comprehensive review. Hydrometallurgy, 150, 192–208.

Sitando, O. e Crouse, P.L. (2012). *Processing of a Zimbabwean petalite to obtain lithium carbonate. International Journal of Mineral Processing*, 102–103, 45–50.

Tadesse, B., Makuei, F., Albijanic, B. e Dyer, L. (2019). *The beneficiation of lithium minerals from hard rock ores: A review*. Minerals Engineering. 131, 170–184.

Wise, D. (2018). *Processing hard rock lithium*. Bachelor Honours thesis, School of Engineering and Information Technology of Murdoch University, Australia, 174.

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO V – ENERGIA

ENTIDADE PROMOTORA: LUSORECURSOS PORTUGAL LITHIUM, S.A.
PARCEIRO TECNOLÓGICO: EDP

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

V. ENERGIA 458
1. Enquadramento 458
2. Fornecimento de energia elétrica 460
3. Produção energia elétrica 461
4. Fornecimento de gás natural 462
ANEXO A – Infraestruturas elétricas: Linhas de Alta Tensão e Média Tensão 463
1. Objeto 463
2. Localização da Subestação 464
3. Linhas de AT e MT 466
3.1. Estudo de traçados 466
3.2. Avaliação de condicionantes 468
3.3. Estudo Prévio para linha AT 474
ANEXO B - Infraestruturas elétricas de apoio à indústria 487
APRESENTAÇÃO 487
1. Introdução 488
1.1. Metodologia da estrutura do estudo prévio 488
1.2. Objetivo 488
2. Cargas Elétricas Previstas 489
3. Cargas Críticas 499
4. Cargas Socorridas 500
5. Níveis de Tensão 501
6. Fontes de Alimentação 502
7. Áreas dos Edifícios que irão alojar os equipamentos elétricos 503
8. Equipamentos que irão equipar as salas elétricas 506
9. Medidas adotadas para garantia da qualidade de energia 509
10. Medidas adotadas para proteção do meio ambiente 510
10.1. Campos elétricos e magnéticos 510
10.2. Derrame de óleo dos transformadores 511
10.3. Pressão acústica produzida pelos transformadores 511
10.4. Manipulação de SF6 512
11. Segurança e Saúde 513
ANEXO C – Infraestruturas de Gás Natural 514
1. Objeto 514
2. UAG (Unidade Autónoma de Gás) 515
3. Rede interior de Gás Natural 518

3.1. Coletor principal e ramais principais 518
3.2. Rede interior enterrada 518
3.3. Rede interior aérea 520
3.4. Ligações aos equipamentos de consumo 521
ANEXO D – Solar Fotovoltaico - Unidade de Produção para Autoconsumo 522
1. Unidade de Produção para Autoconsumo (UPACs) 522
2. Regulamentação dos Trabalhos 526
3. Comissionamento 527
4. Inversores 528
5. Cablagem e Caminhos de Cabos 529
5.1. Fornecimento e instalação de Cablagem DC 529
5.2. Fornecimento e instalação de Cablagem AC 529
5.3. Características da Cablagem 529
5.4. Caminho de cabos AC e DC 529
6. Sistema de Rede de Terras 530
7. Quadros e Proteções 531
8. Dispositivos de proteção da interligação com a RESP 532
8.1. Fornecimento dos dispositivos de proteção da interligação com a RESP 532
8.2. Instalação dos dispositivos de proteção da interligação com a RESP 533
9. Regime de proteções, outros trabalhos e acessórios 534

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 271 - Caracterização da Opção A e Opção B 459
Figura 272 - Localização da subestação para a Opção A, na escala 1/10000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE- EP-0409] 465
Figura 273 - Localização da subestação para a Opção B, na escala 1/10000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE- EP-0410] 465
Figura 274 - Opção A: Ortofotomapa com sobreposição limites de concessão e linhas AT e MT, na escala 1/25000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0402] 467
Figura 275 - Opção B: Ortofotomapa com sobreposição limites de concessão e linhas AT e MT, na escala 1/25000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0406] 467
Figura 276 - Opção A: Mapa de condicionantes – Carta de Ocupação do Solo 2018, na escala 1/20000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0401] 469
Figura 277 - Opção B: Mapa de condicionantes – Carta de Ocupação do Solo 2018, na escala 1/20000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0405] 469
Figura 278 - Opção A: Mapa de condicionantes – Curvas de nível – Equidistância 5m, na escala 1/5000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0403] 470
Figura 279 - Opção B: Mapa de condicionantes – Curvas de nível – Equidistância 5m, na escala 1/5000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0407] 471
Figura 280 - Opção A: Mapa de condicionantes – Linhas de Água, na escala 1/5000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0404] 472
Figura 281 - Opção B: Mapa de condicionantes – Linhas de Água, na escala 1/5000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0408] 473
Figura 282 - Silhueta poste metálico tipo F165CD – METALOGALVA 478
Figura 283 - Opção A: Planta de localização LN60 MORGADE-LUSORECURSOS, na escala 1/25000– [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0001] 481
Figura 284 - Opção B: Planta de localização LN60 MORGADE-LUSORECURSOS, na escala 1/25000– [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0003] 482
Figura 285 - Opção A: Perfis longitudinais da LN60 MORGADE-LUSORECURSOS, na escala 1/25000 e 1/500 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0402] 483
Figura 286 - Opção B: Perfis longitudinais da LN60 MORGADE-LUSORECURSOS, na escala 1/25000 e 1/500. a) [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-040]; b) [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0405]; c) [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0406]. 484
Figura 287 - Opção A e B: Planta de localização da modificação da LN15 PARA PT MTR 0018 NEGRÕES – VIL, na escala 1/25000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0007] 485
Figura 288 - Opção A e B: Perfil e planta parcelar da modificação da LN15 PARA PT MTR 0018 NEGRÕES – VIL, na escala 1/25000 e 1/500 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0008] 486
Figura 289 - Exemplo de sala 504
Figura 290 - Exemplo de sala pré-fabricada para fundo de mina 504
Figura 291 - Exemplo de Disjuntor híbrido 507
Figura 292 - Exemplo de Transformador a óleo 507
Figura 293 - Exemplo de Transformador a seco 507
Figura 294 - Exemplo de Quadro de MT 508
Figura 295 - Exemplo de Quadro MCC 508
Figura 296 - Exemplo de Quadro Serviços Auxiliares 508
Figura 297 - Implantação no Edifício de Competências 524
Figura 298 - Implantação no Edifício de Pessoal 524

Figura 299 - Implantação no Edifício da Administração..... 524
Figura 300 - Implantação no Edifício do Centro Médico..... 524
Figura 301 - Implantação no Edifício de Pessoal (Boca da Mina) 524
Figura 302 - Implantação no Parque de Estacionamento Boca da Mina 524
Figura 303 - Implantação no Parque de Estacionamento Principal (Opção A) 525
Figura 304 - Implantação no Parque de Estacionamento Principal (Opção B) 525

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Cargas elétricas 489
Tabela 2 - Fatores de Utilização, Simultaneidade e Potência 492
Tabela 3 - Opção “A” - Potência instalada (SE e PST) 497
Tabela 4 - Opção “B” - Potência instalada (SE e PST) 498
Tabela 5 - Níveis de tensão 501
Tabela 6 - Níveis de tensão (SE e PST) 501
Tabela 7 - Áreas aproximadas dos edifícios/salas técnicas 505

(Página intencionalmente deixada em branco)

V. ENERGIA

1. Enquadramento

O presente capítulo visa definir as condições técnicas das infraestruturas de alimentação primária de energia a estabelecer no Complexo de Anexos Mineiros e na Zona de Exploração do projeto de Mina do "Romano".

Neste âmbito, foram objeto de estudo as infraestruturas previstas para as duas soluções alternativas (Opções A e B), definidas para a implantação do Complexo dos Anexos Mineiros (área do processo industrial). As zonas referidas estão identificadas na Figura 271, e compõem as seguintes infraestruturas:

- Refinaria;
- Armazéns;
- Filtragem;
- Moagem;
- Oficinas;
- Produtos acabados;
- Edifícios administrativos;
- Área de pessoal, cantina, centro médico e serviços técnicos.

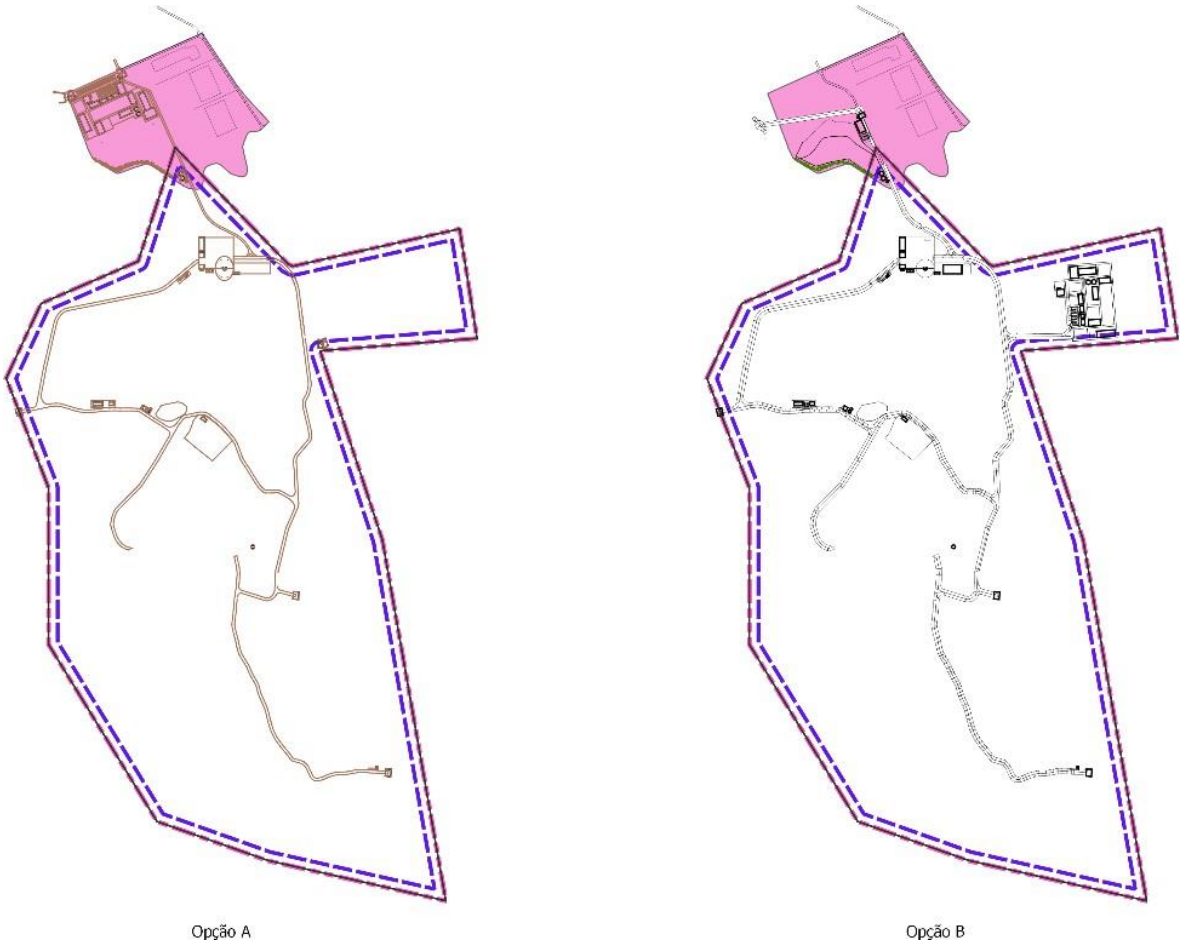


Figura 271 - Caracterização da Opção A e Opção B

2. Fornecimento de energia elétrica

A origem da instalação elétrica de consumo, será uma subestação privativa com a potência instalada de 50MVA, alimentada a partir da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), através de uma linha elétrica de alta tensão de 60kV, a ser submetida a licenciamento pelo operador da rede de distribuição (E-REDES).

Na subestação, será transformada a alta tensão de 60kV proveniente da RESP, para o nível de tensão de 30kV, permitindo assim criar uma rede interna de distribuição de energia em média tensão, destinada a alimentar os postos de transformação e respetivas instalações de utilização em baixa tensão (BT), dedicadas à exploração mineira e ao complexo de anexos mineiros.

O diagrama unifilar simplificado, implantação de equipamentos e traçados das linhas de distribuição, farão a caracterização da instalação elétrica prevista, detalhada nos capítulos correspondentes.

3. Produção energia elétrica

O projeto prevê a instalação de sistema de produção solar fotovoltaica a implementar nas coberturas dos edifícios e sombreamento de lugares de estacionamento, ligados aos quadros elétricos de baixa tensão das instalações de utilização, através de inversores solares DC/AC, em regime de autoconsumo.

No capítulo correspondente, será especificada a potência instalada, características técnicas e implantação nas coberturas dos edifícios e lugares de estacionamento.

4. Fornecimento de gás natural

Dado que no local de implantação do projeto de exploração mineira, não existe rede de distribuição de gás natural, foi prevista a instalação de uma Unidade Autónoma de Gás (UAG), preparada para receber Gás Natural Liquefeito, transportado por veículos-cisterna e armazenado em depósitos horizontais. O gás será aí vaporizado através de vaporizadores atmosféricos apoiados por reaquecedor, em função das necessidades instantâneas de consumo de gás natural, pelo empreendimento.

A UAG foi prevista para uma capacidade de armazenamento total (atual mais eventual expansão futura) de 1 590 m^3, para proporcionar uma autonomia de cerca de 1 semana e uma capacidade de vaporização máxima de 3 650 Nm^3/h, equivalente a uma potência térmica instalada de 38,5 MW.

A zona de implantação da UAG em ambas as Opções A e B, cumpre com todas as regras de implantação e distâncias de segurança estipuladas na legislação em vigor, nomeadamente a Portaria nº 568/2000 de 7 de Agosto.

Está prevista a execução de uma rede interior de distribuição do Gás Natural, desde a UAG, em troços maioritariamente enterrados, que irão alimentar os consumidores principais: calcinador e cantina.

ANEXO A – Infraestruturas elétricas: Linhas de Alta Tensão e Média Tensão

1. Objeto

Para garantir as necessidades de alimentação de energia elétrica da Mina de Lítio Romano, cuja potência instalada prevista é de 50MW, será necessário que esse abastecimento se faça em Alta Tensão – 60kV (AT).

Para o efeito, será necessário garantir as infraestruturas de ligação adequadas a esse nível de tensão, que se podem resumir ao seguinte:

a) Linha de AT
b) Subestação AT/MT (média tensão)

Constitui-se assim como ponto de partida, a definição da localização para a instalação da subestação (SE).
Também será avaliado nas secções seguintes as diferentes possibilidades de alimentação da subestação (linha AT), bem como as necessidades de se deslocalizar as linhas de AT e MT que conflituem com a área de concessão da Mina do "Romano".

Para todas as análises, serão apresentadas duas diferentes possibilidades, que atendam às necessidades no caso da implementação da Mina do "Romano" pela Opção A ou pela Opção B.

2. Localização da Subestação

A definição da localização da subestação pode atender a vários critérios, dos quais prevalecem os seguintes:

a) Proximidade do ponto de interligação com infraestrutura AT;
b) Possibilidade de alimentação em antena *versus* alimentação em "PI";
c) Proximidade ao centro de cargas;
d) Orografia do terreno do local de implantação e acessibilidades;
e) Inexistência de quaisquer atravancamentos com infraestruturas existentes.

Alguns destes pontos por vezes são conflituantes entre si, pelo que caso a caso é dada maior valorização de um critério face a outro.

Nas figuras seguintes apresentam-se respetivamente as localizações selecionadas para a Opção A e Opção B.

Em ambas as opções procurou-se que simultaneamente a localização ficasse em local que permitisse alimentação sem que houvesse cruzamento da linha AT com a área de concessão, a zona de Anexos Mineiros e a Zona de Potência Exploração Recursos Geológicos.

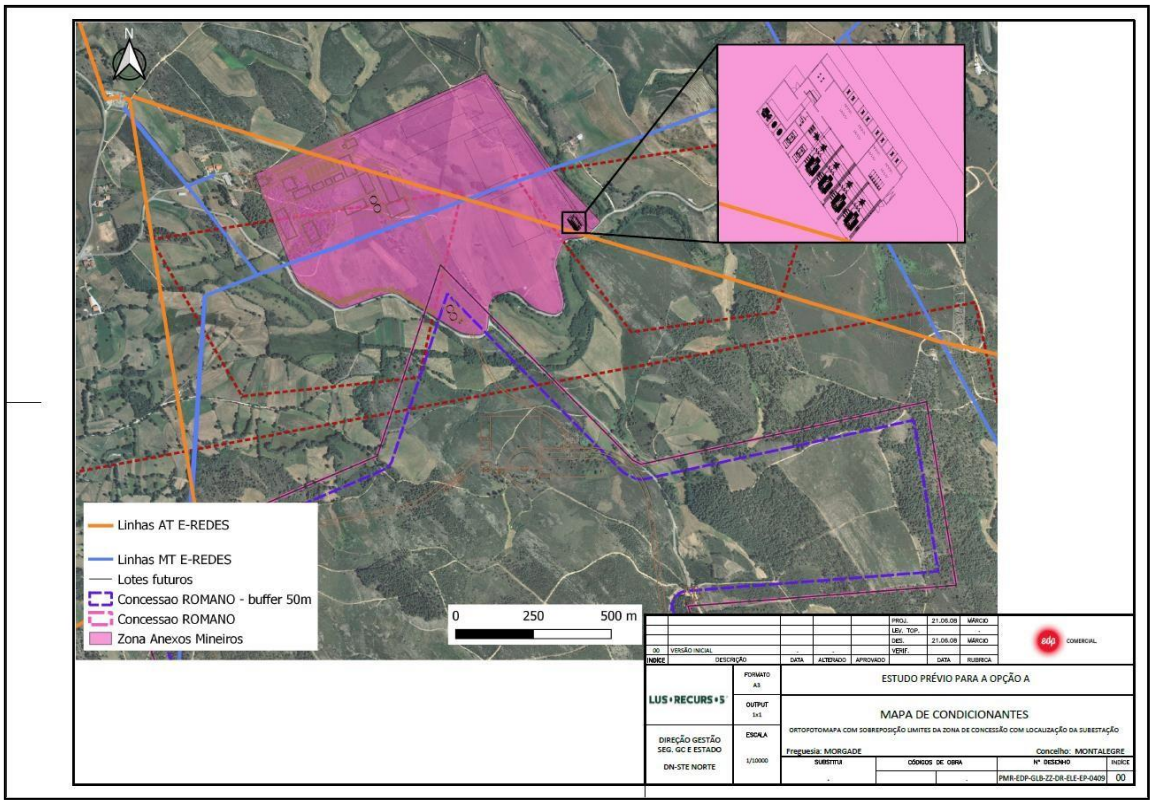


Figura 272 - Localização da subestação para a Opção A, na escala 1/10000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE- EP-0409]

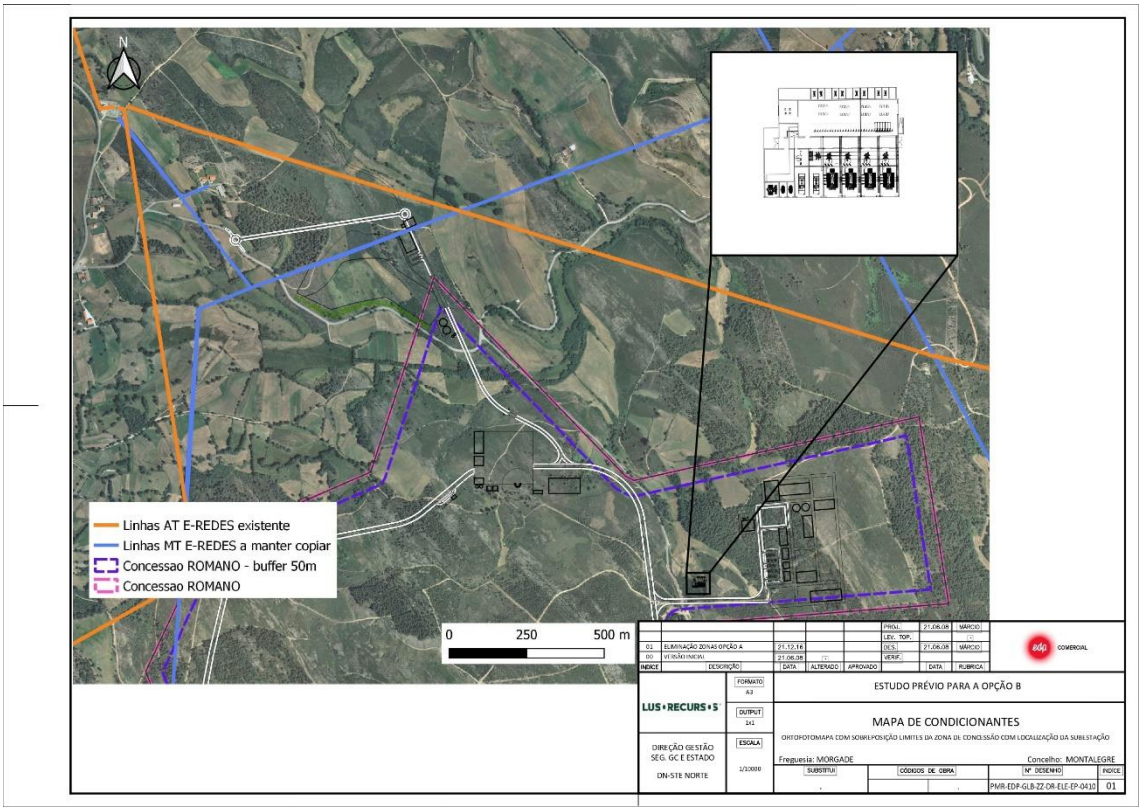


Figura 273 - Localização da subestação para a Opção B, na escala 1/10000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE- EP-0410]

3. Linhas de AT e MT

3.1. Estudo de traçados

Dada a proximidade a que a subestação de 50 MVA a construir se encontra de uma subestação da rede de distribuição, será estabelecida uma linha dedicada (em antena) com origem na SE Morgade.

Esta opção revelou-se a melhor opção técnico-económica quando comparada com a opção de abertura em "PI" da linha existente que cruza a zona de anexos mineiros. A opção preterida, embora permitisse o estabelecimento de um troço de linha novo mais curto, por interseção da linha existente, requereria a construção de uma infraestrutura elétrica adicional a entregar à exploração do operador de distribuição – Posto de Corte AT.

Todavia, além do estabelecimento de uma linha nova para a subestação partindo da SE Morgade, haverá ainda a necessidade de se deslocalizar um troço da linha a 60kV que faz a interligação entre o Posto de Corte Leiranco e a SE Morgade, entre os apoios nº 17 e a SE Morgade pois conflituará com a implantação da Zona de Anexos Mineiros e com a Zona de Potencial Exploração de Recursos Geológicos.

Quer a Opção A como para a Opção B, de modo a que não exista qualquer coexistência entre as linhas de distribuição de AT e as zona de concessão, zona de anexos mineiros e zona potencial exploração de recursos geológicos, será proposto ao Operador da Rede de Distribuição o desvio do troço da linha LN60 Leiranco – Morgade entre os apoios nº 17 e a SE Morgade, que se restabelecerá pelo traçado conforme se propõe nas figuras seguintes.

Para permitir a alimentação da subestação sem que coexistam linhas aéreas com a zona de concessão da mina, zona de anexos mineiros e zona potencial de exploração de recursos geológicos, em ambas as opções, foi preconizada que se faça a transição da linha aérea para subterrânea à entrada da zona conflituante, no limite da área de concessão.

A linha MT LN15 p/ PT MTR 0018 NEGROES-VIL também colide com a zona de anexo mineiros e zona de potencial exploração de recursos geológicos, devendo por isso também ser deslocalizada conforme se propõe.

Nas Figuras seguintes estão representadas as linhas AT e MT existentes a manter, assim como os troços novos a estabelecer e a deslocalizar.

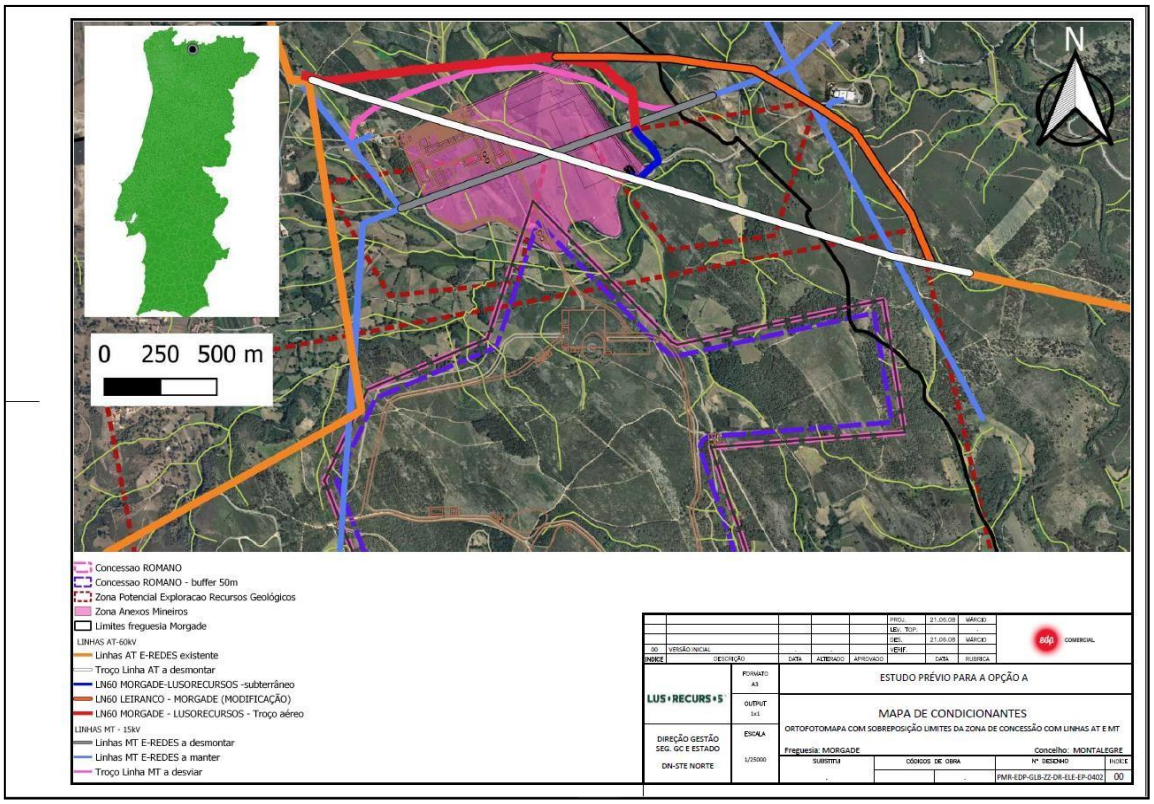


Figura 274 - Opção A: Ortofotomapa com sobreposição limites de concessão e linhas AT e MT, na escala 1/25000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0402]

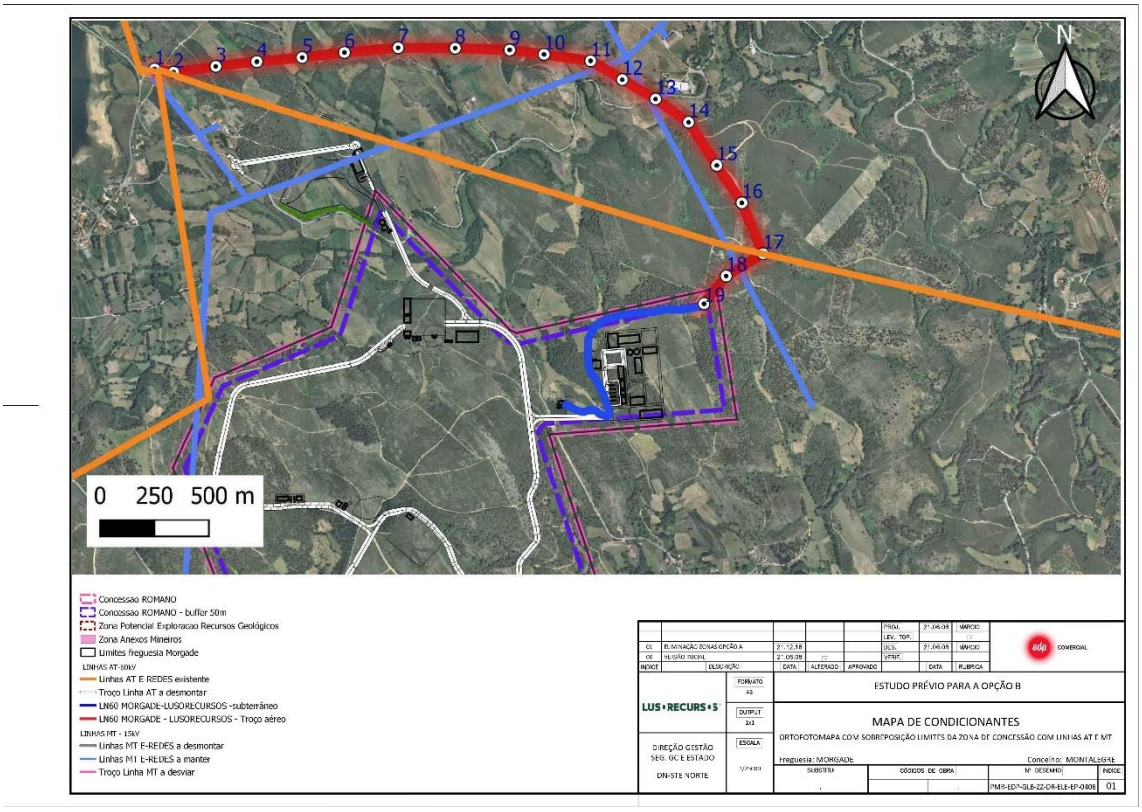


Figura 275 - Opção B: Ortofotomapa com sobreposição limites de concessão e linhas AT e MT, na escala 1/25000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0406]

Para o desvio da LN60 Leiranco – Morgade, é preconizada a constituição de nova servidão com partilha do corredor com a nova linha de alimentação à SE Lusorecursos. Para o efeito, será projetada uma linha aérea com dois circuitos cuja divergência seria o apoio nº7 para Opção A e o apoio nº 17 para a Opção B.

De notar que para a Opção B, a linha nova a estabelecer acompanha todo o desvio da LN60 Leiranco – Morgade, partilhando um corredor único.

3.2. Avaliação de condicionantes

Os novos traçados estudados, bem como a localização dos novos apoios, tem em linha de conta a tipologia do solo atravessado, a sua orografia e as suas condicionantes, bem como todas as recomendações para o estabelecimento de linhas aéreas de AT localizadas em altitudes superiores a 750m (zona de gelo).

Na Figura 276 e Figura 277 estão representados mapas de condicionantes relativas às cartas de ocupação do solo, Opção A e B, respetivamente.

Para ambas as opções a tipologia do terreno é predominantemente floresta, matos e pastagens.

Nas Figuras seguintes estão representadas as curvas de nível para ambas as opções e na Figura 280 e Figura 281, as linhas de água, onde não se registam quaisquer incompatibilidades do ponto de vista de acesso à subestação como também qualquer sobreposição com as linhas de água existentes.

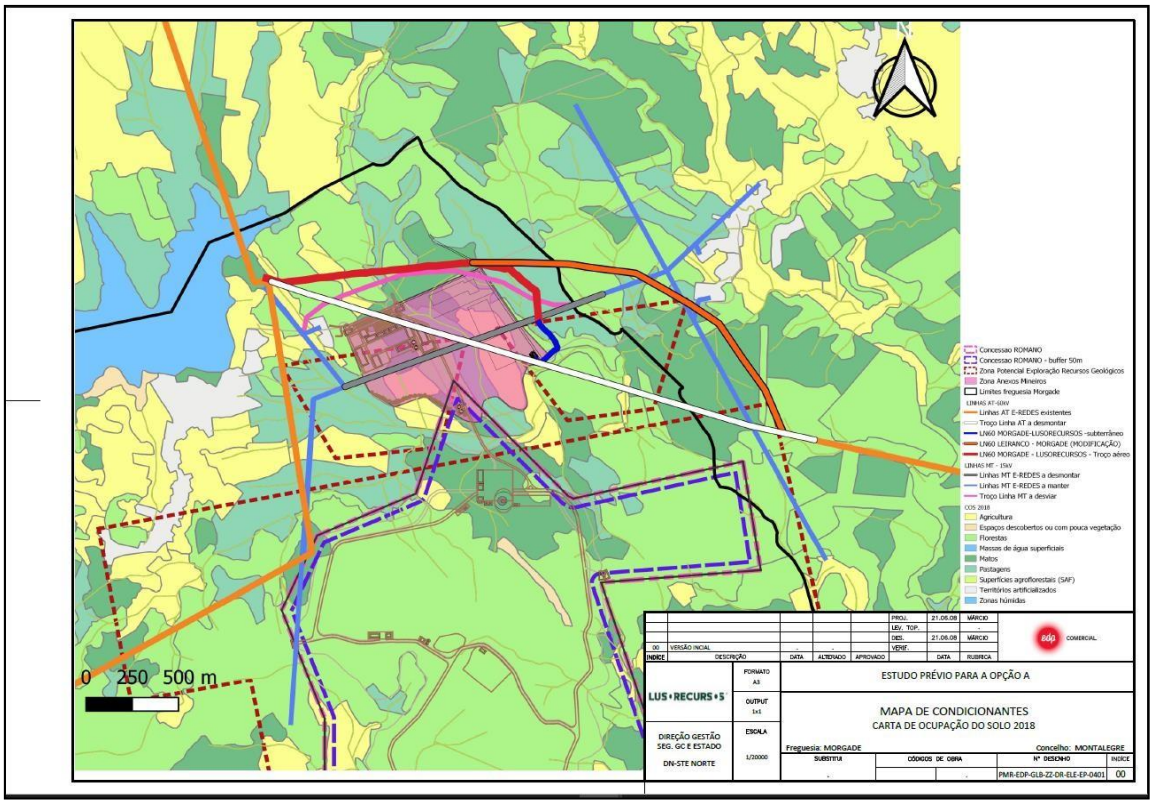


Figura 276 - Opção A: Mapa de condicionantes – Carta de Ocupação do Solo 2018, na escala 1/20000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0401]

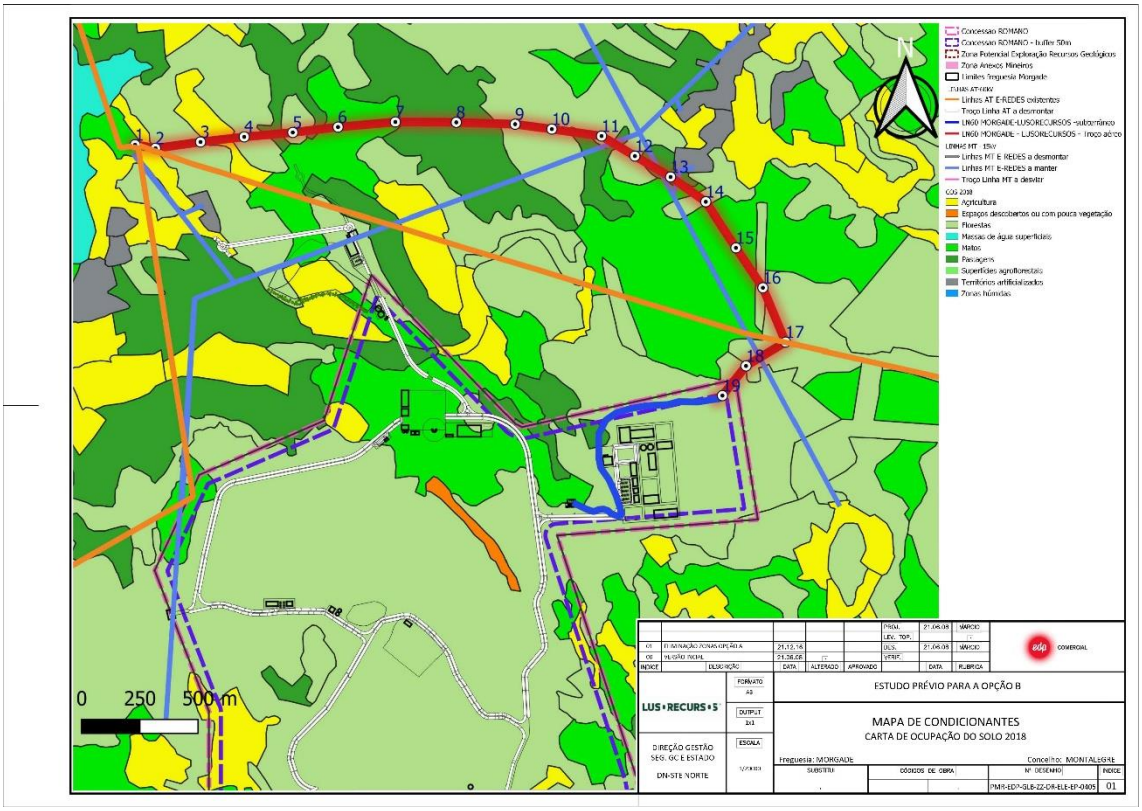


Figura 277 - Opção B: Mapa de condicionantes – Carta de Ocupação do Solo 2018, na escala 1/20000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0405]

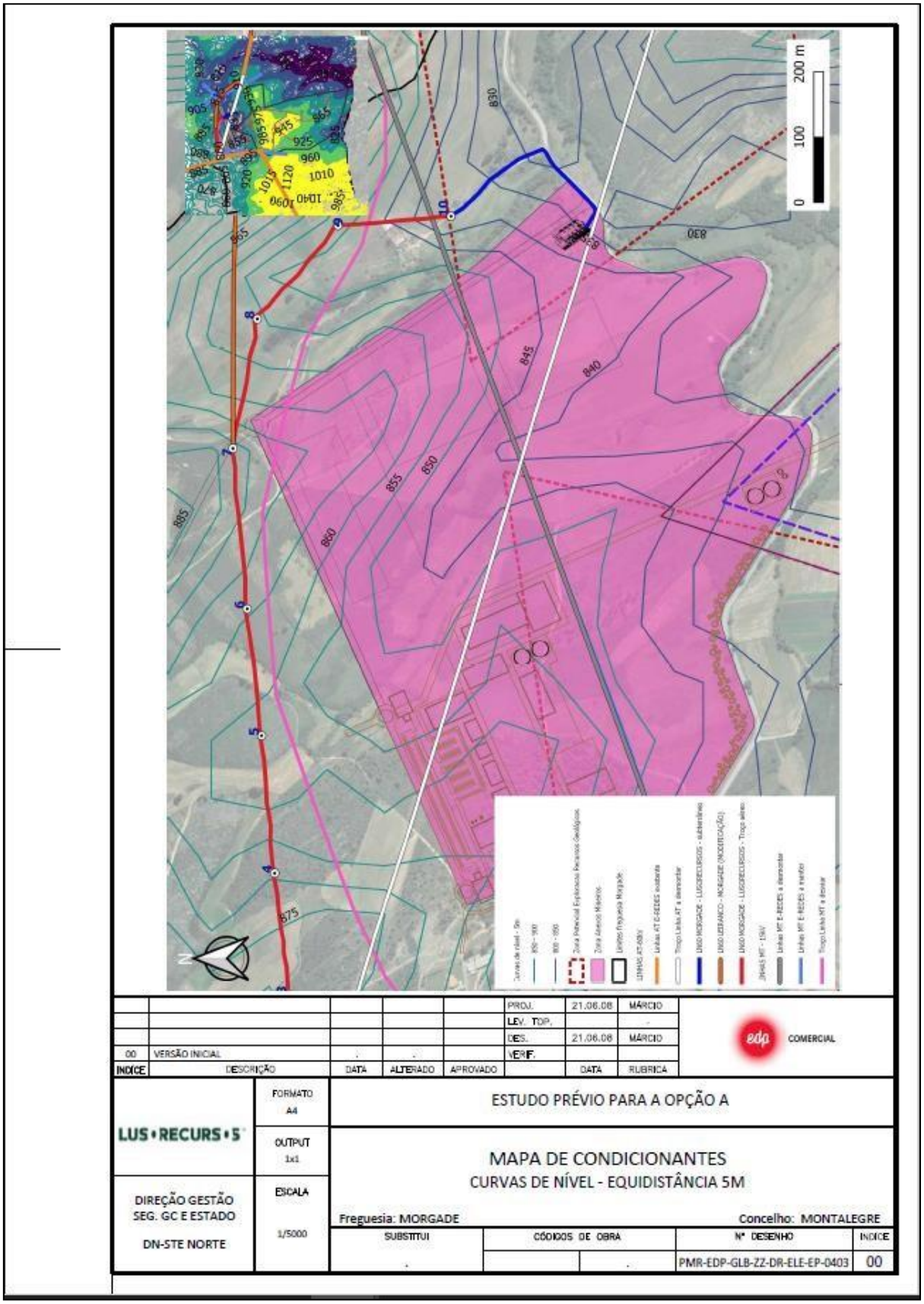


Figura 278 - Opção A: Mapa de condicionantes – Curvas de nível – Equidistância 5m, na escala 1/5000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0403]

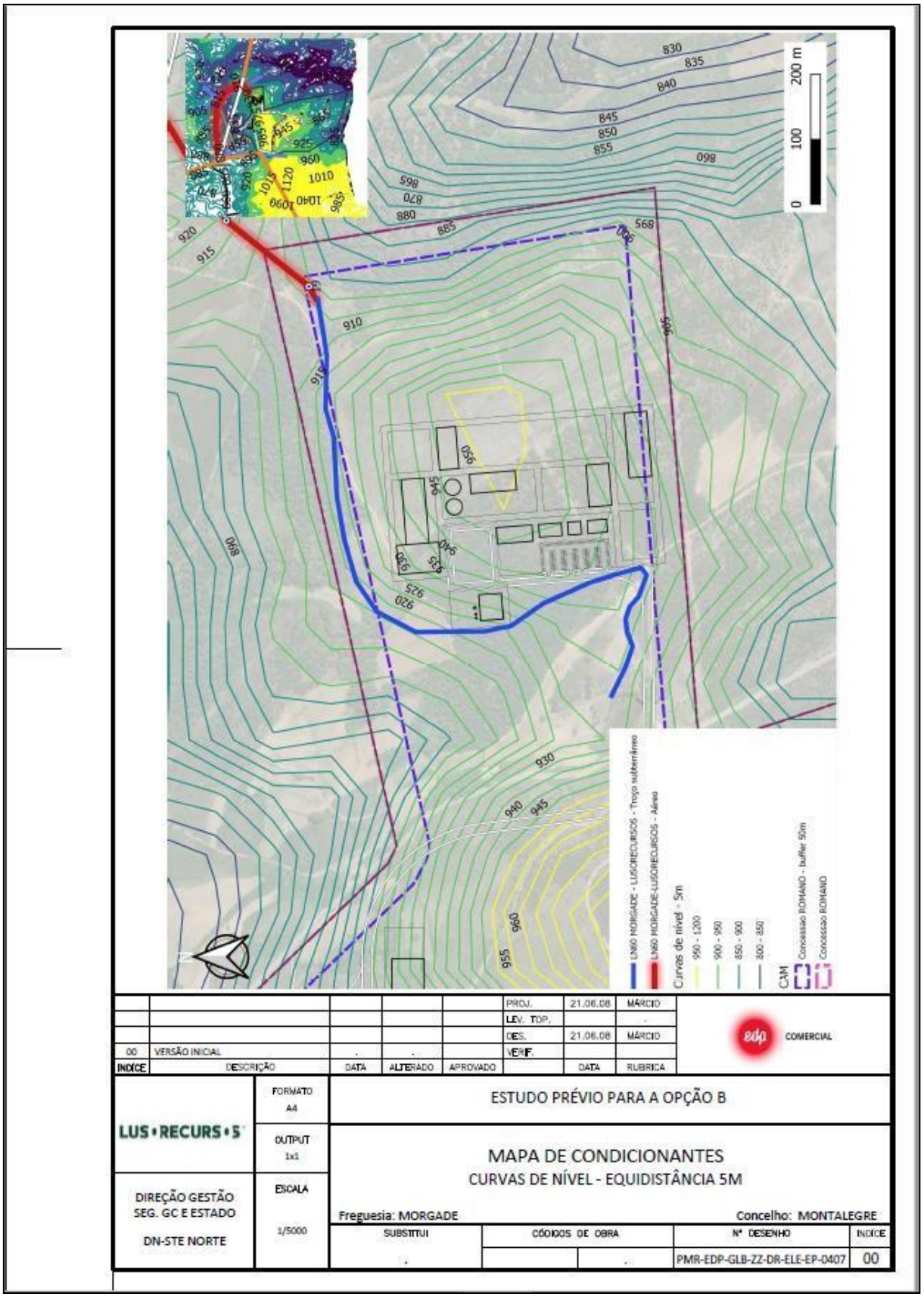


Figura 279 - Opção B: Mapa de condicionantes – Curvas de nível – Equidistância 5m, na escala 1/5000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0407]

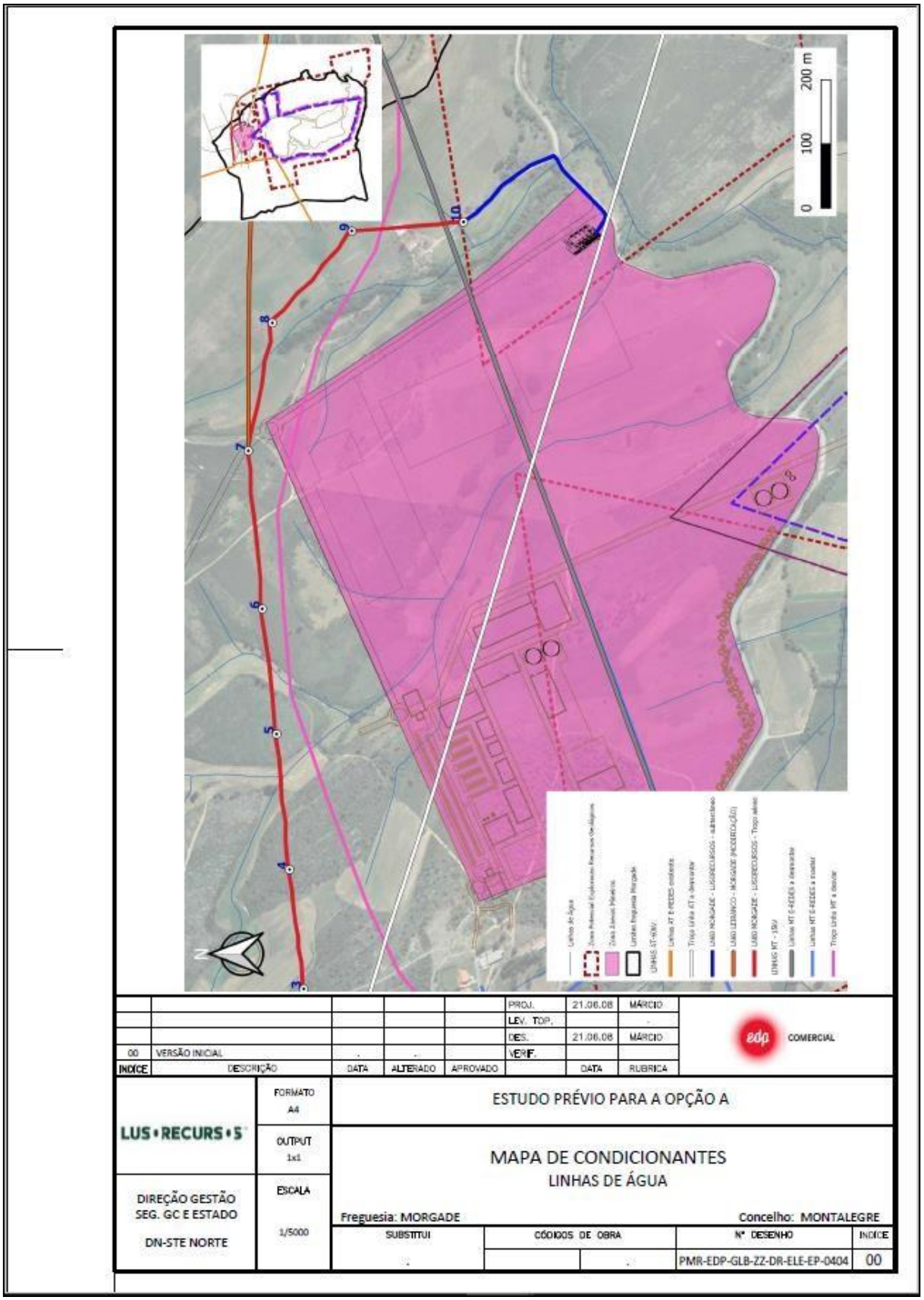


Figura 280 - Opção A: Mapa de condicionantes – Linhas de Água, na escala 1/5000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0404]

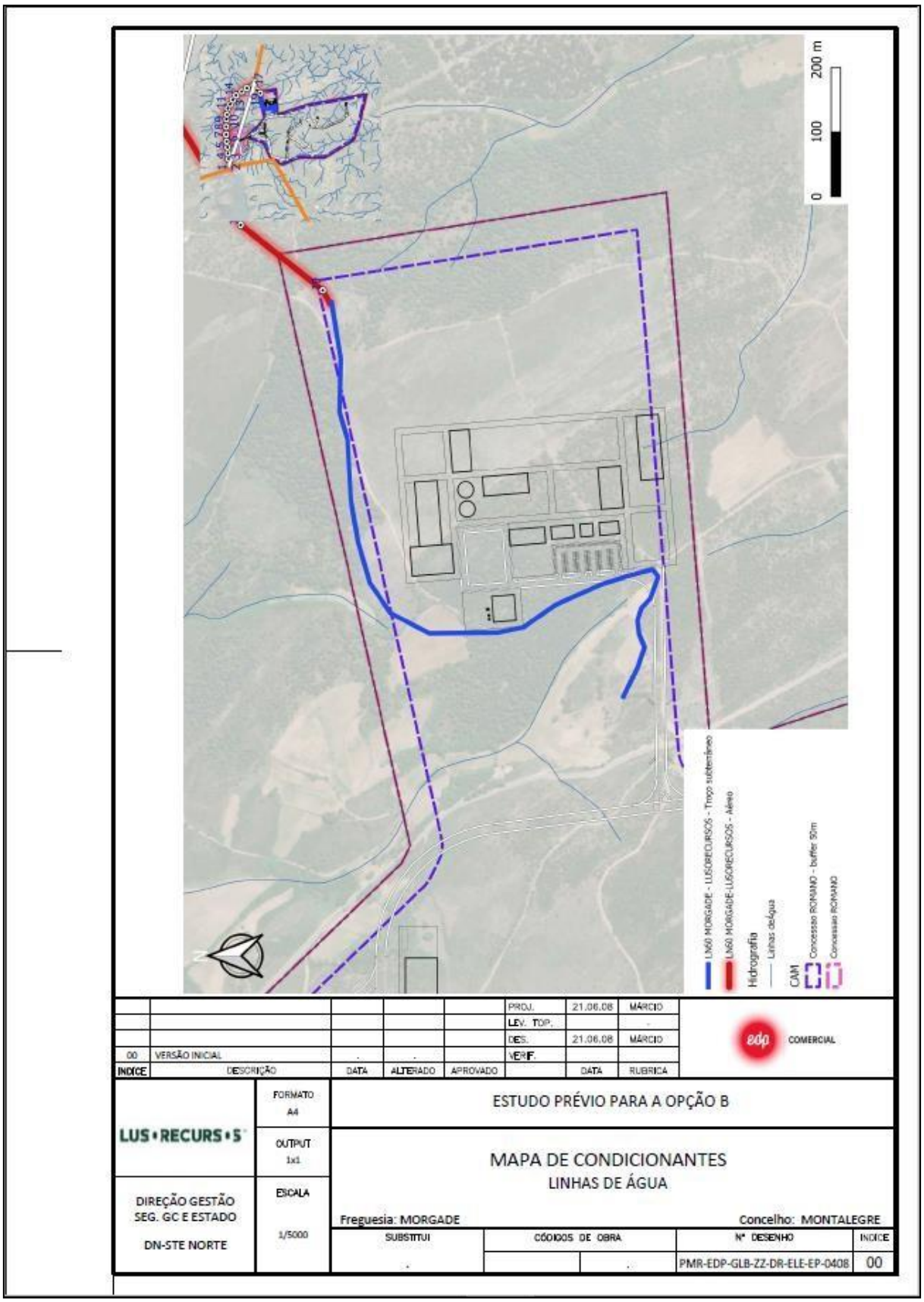


Figura 281 - Opção B: Mapa de condicionantes – Linhas de Água, na escala 1/5000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0408]

3.3. Estudo Prévio para linha AT

3.3.1. LN60 Morgade – LUSORECURSOS

3.3.1.1. Critérios técnicos gerais

Na elaboração do presente projeto prévio foram tomadas em consideração todas as disposições regulamentares aplicáveis, designadamente as constantes do Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão (RSLEAT - DR 1/92).

O projeto será executado em conformidade com a técnica habitual da E-REDES para linhas deste nível de tensão.

Para os equipamentos e materiais a utilizar na execução do projeto deverão respeitar-se os respetivos projetos-tipo, quando aplicáveis, e as especificações da E-REDES para linhas deste nível de tensão. No quadro seguinte indicam-se algumas das especificações de fabrico/montagem dos materiais principais a aplicar, assim como as definições de parâmetros de projeto.

Utilização	Ref. da Especificação	Descrição
Linhas Aéreas	DMA-C34-120/N (5ª Ed. – Set 2010)	Condutores Nus de Alumínio com Alma de Aço.
	DMA-C34-122/N (Abr 2010)	Condutores Nus Para Linhas Aéreas – cabos de guarda com fibra ótica (OPGW)
	DMA-C65-110/N (2ª Ed. – Jan 2007)	Descarregadores de Sobretensões de óxido de Zinco.
	DMA-C65-210/N (2ª Ed. – Set 2005)	Elétrodos de Terra
	DMA-C66-140/N (2ª Ed. – Jun 2008)	Isoladores para linhas Aéreas.
	DMA-C66-802/N (1ª Ed. – Jun 2002)	Terminais de aperto mecânico para linha aéreas nuas.
	DMA-C66-803/N (1ª Ed. - Mai 2002)	Conectores paralelos de aperto mecânico paras linhas aéreas nuas.
	DMA-C66-902/N	Conjuntos de acessórios para cadeias de amarração e de suspensão.
	DMA-C66-915/N (1ª Ed – Nov 2005)	Bolas de balizagem diurna de condutores e cabos de guarda.
	DMA-C66-916/N (1ª Ed – Nov 2005)	Luzes de baixa intensidade para balizagem noturna de obstáculos.
	DMA-C66-917/N (1ª Ed – Jan 2006)	Balizadores.
	DMA-C67-020/N	Postes de aço reticulados da série F para linhas AT
	DMA-C67-225/N (1ª Ed. – Jun 2005)	Postes de Betão armado para linhas AT.
	DMA-C67-605/N (1ª Ed. – Set 2004)	Armações para postes de betão de linhas AT.
Geral	DRE-C10-001/N (1ª Ed. Jan 2008)	Guia de Coordenação de Isolamento.
	DRE-C11-040/N (2ª Ed. Mai 2007)	Guia Técnico de Terras
	DRP-C11-602/R	Recomendações para projeto de linhas aéreas com condutores nus, subordinadas ao tema dos Trabalhos Em Tensão

Em tudo o omisso serão observadas as Normas e Regras de Segurança em vigor.

3.3.1.2. Equipamento

3.3.1.2.1. Cabos

- Condutor: ACSR 325 mm^2 (BEAR) – para troço aéreo LXHIOLE 1000mm2 – para troço subterrâneo
- Cabo de guarda: OPGW 48FO-A3/SA1A – para troço aéreo TON EZrE L4x12U4ST (48FO) – para os troços subterrâneos

3.3.1.2.2. Isolamento

O isolamento dos condutores na fixação às armações dos apoios realizar-se-á através de cadeias de amarração ou de suspensão, equipadas com isoladores de cadeia, em fieira simples de 6 elementos.

As cadeias de isoladores serão equipadas hastes de descarga fixas, de ambos os lados, e serão do tipo U100BLP.

Estas características do isolamento deverão garantir os seguintes valores de referência:

Distância de isolamento mínima fase-terra	630 mm
Distância de isolamento mínima fase-fase	700 mm
Tensão suportável ao choque atmosférico	325 kV (pico)

3.3.1.2.3. Acessórios dos condutores, cabos de guarda e cabo de telecomunicação

- Densidade de corrente de defeito máxima nos acessórios: 70 A/mm^2.
- Intensidade máxima de corrente de defeito nos acessórios: 20 kA durante 1 segundo.
- Carga de rotura mínima dos acessórios: 120 kN

Pinças de amarração dos condutores: de compressão, constituídas por um tubo de aço que se comprime sobre a alma de aço e por um tubo de alumínio que se comprime sobre a superfície do condutor. Possuem uma carga de rutura não inferior à dos cabos a que se destinam, com uma resistência elétrica inferior a um troço de cabo de igual comprimento.

Amarração de cabos com fibras óticas: sem corte do cabo, devendo os acessórios para

amarração realizar o aperto do cabo por intermédio de varetas preformadas, de acordo com as especificações do fabricante.

Pinças de suspensão: do tipo *"AGS, armour-grip suspension"*. O ângulo máximo de enrolamento dos cabos nas pinças é de 120º.

Uniões dos condutores: de compressão, constituídas por um tubo de aço que se comprime sobre a alma de aço e por um tubo de alumínio que se comprime sobre a superfície do condutor. As uniões garantem a carga de rutura teórica dos cabos, com uma resistência elétrica inferior a um troço de cabo de igual comprimento.

Mangas de reparação: constituídas por duas peças de alumínio a comprimir sobre o cabo nas zonas em que apenas alguns fios da camada exterior se encontrem danificados. Sempre que um ou mais fios das camadas interiores se encontrar danificado será aplicada uma união de compressão.

3.3.1.2.4. Amortecedores de vibrações eólicas

Se necessário utilizar-se-ão amortecedores anti vibratórios, tipo *"Stockbridge",* de acordo com o critério de aplicação definido pela E-REDES, que se descreve de seguida.

A utilização deste tipo de equipamento pretende mitigar os problemas de fadiga causada por vibrações eólicas sobre os fios dos cabos, uma vez que este problema não se coloca em relação aos apoios (estes têm uma frequência própria de vibração muito baixa).

Apesar das conhecidas características redutoras de danos de fadiga nos cabos condutores associadas ao uso de pinças de suspensão AGS, tanto estes como o cabo de guarda estão sujeitos a regimes de vibrações eólicas, que exigem a adoção de sistemas especiais de amortecimento das mesmas.

Alguns fatores determinam o comportamento dos cabos nestas circunstâncias:

- Características de inércia (massa) e de elasticidade;
- Tensão mecânica de esticamento (normalmente referenciada ao EDS);
- Geometria dos vãos;
- Regime dos ventos (geralmente os regimes de rajada que condicionam as trações máximas sobre cabos e estruturas, não produzem fadiga nos cabos; são neste caso os regimes lamelares de velocidade baixa-média que produzem as vibrações de mais alta

frequência que conduzem a problemas de fadiga mecânica; os terrenos de baixa rugosidade oferecem em geral as condições topográficas para a ocorrência deste tipo de eventos);

Um critério à priori que a experiência mostra como bom por ser suficientemente abrangente, para instalação de amortecedores nos condutores e cabo GUINEA, é o seguinte:

- Utilização de amortecedores em todas as amarrações à tração plena, cujo vão equivalente seja superior a 350m, ou naquelas em que se verifique um valor de EDS superior a 18%;
- Nas suspensões, considerando uma limitação no EDS na casa dos 18%-22% e o uso de pinças AGS, apenas nos vãos superiores a 400m será de colocar um amortecedor nos extremos do respetivo vão.

3.3.1.2.5. Armações

As armações serão constituídas por perfis de aço, ligados por chapas e parafusos, galvanizados por imersão a quente para proteção contra a corrosão atmosférica. Fabrico integrado na estrutura dos postes.

3.3.1.2.6. Apoios

Atendendo a que ao facto de se estar perante zona de gelo, serão considerados apenas postes metálicos normalizados, dos tipos indicados nos elementos anexos e no perfil e planta parcelar, em detrimento de apoios em betão.

O cálculo mecânico dos postes metálicos integra o Projeto Tipo de Postes Metálicos da série "F" para linhas Aéreas de MT/AT da METALOGALVA-IRMÃOS SILVA LDA., aprovado em 3 de Março de 1994 pela DGE.

A Figura 282**Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a silhueta de um apoio metálico AT.

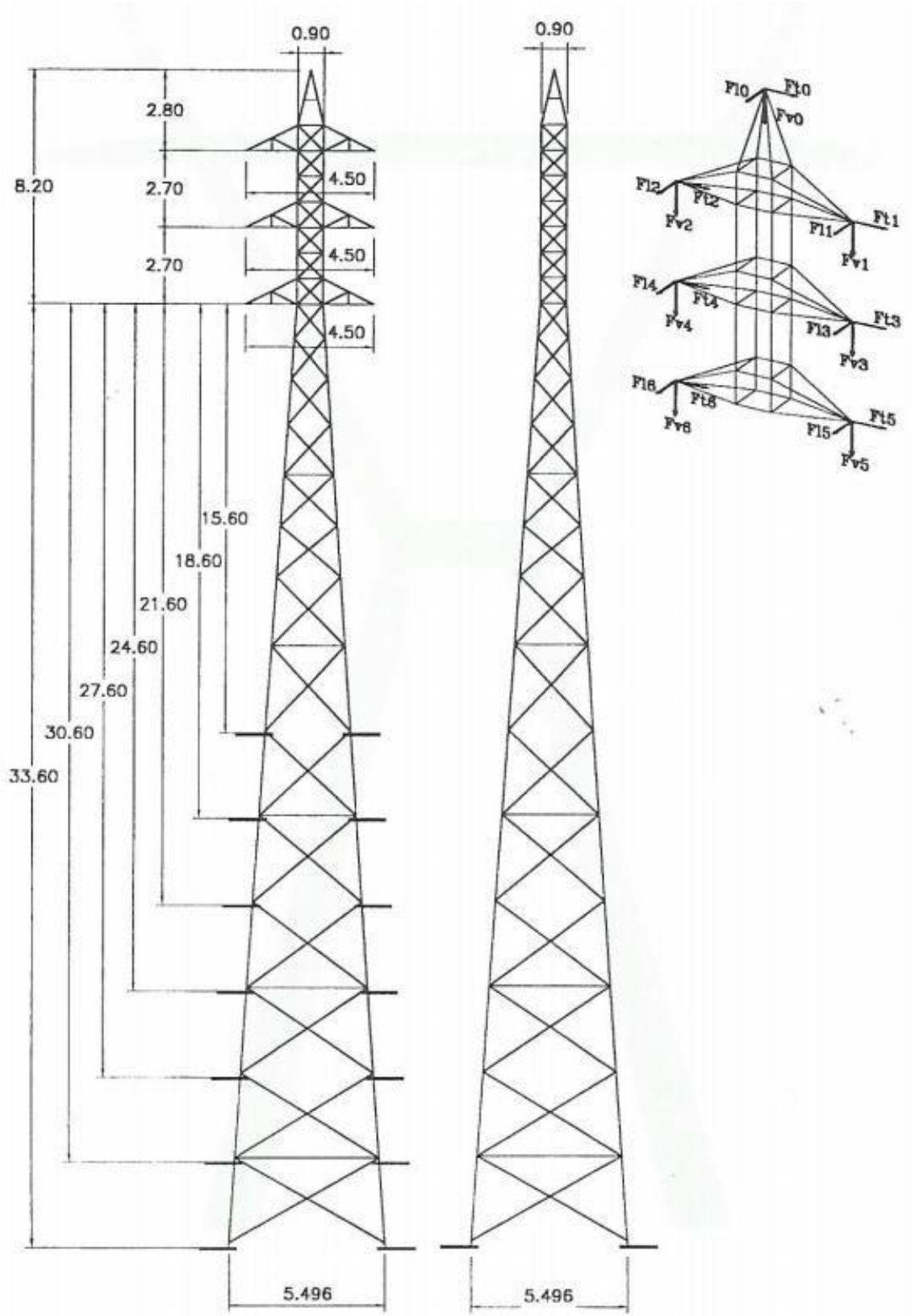


Figura 282 - Silhueta poste metálico tipo F165CD – METALOGALVA

3.3.1.2.7. Sinalização avifauna

A utilização de equipamentos de sinalização para avifauna é definida pelo Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), resultando normalmente na aplicação de dispositivos salva-pássaros, de dispositivos anti nidificação e anti poiso, e ainda, de plataformas para ninhos.

No âmbito de atuação da CTALEA (Comissão Técnica de Gestão e Acompanhamento dos Protocolos Avifauna), a E-REDES acordou com o ICNF a elaboração de um documento regulamentar interno, contendo disposições relativas à proteção da avifauna a respeitar no projeto e construção de novas linhas aéreas de AT e MT, harmonizando com o normativo do ICNF: "Manual de apoio à análise de projetos relativos à instalação de linhas aéreas de distribuição e transporte de energia elétrica – componente avifauna", de Junho de 2010. Com esse objetivo foi elaborado o documento interno designado por DRE-C11-300/E, Projeto e construção de infraestruturas elétricas em áreas importantes sob o ponto de vista da conservação da natureza e biodiversidade – Guia técnico, aprovado em sede de CTALEA, o qual foi levado em conta na elaboração deste projeto.

Serão instaladas uma turbina no topo dos apoios de betão em amarração e duas turbinas nos apoios metálicos de amarração.

Sempre que necessário, serão colocados dispositivos de sinalização para aves do *tipo "Bird Flight Diverter (BFD)"* a ser instalados nos cabos da linha, se tal se justificar. Trata-se de dispositivos de forma helicoidal, em plástico, que se ajustam ao cabo de guarda ou ao condutor por enrolamento.

Salvo outras indicações, tendo em conta o tipo de aves, os dispositivos serão colocados para que em plano vertical paralelo à linha estejam, pelo menos espaçados de 2 metros.

3.3.1.2.8. Conjuntos sinaléticos

Em cada apoio será projetada sinalização claramente visível do solo constante de:

- Chapa de sinalização ou de advertência com o texto "PERIGO DE MORTE";
- Chapa de identificação com o nome (sigla) da linha e o n.º de ordem do apoio na linha; Serão ainda equipados os apoios de dez em dez, com uma chapa de numeração na cabeça, por forma a permitir identificar o apoio durante as rondas aéreas.

3.3.1.2.9. Balizagem aérea

Será projetada de acordo com a "Circular de Informação Aeronáutica n.º 10/03" de 6 de Maio, intitulada "Limitações em altura e Balizagem de obstáculos artificiais a Navegação Aérea".

3.3.1.2.10. Planta de localização e perfis longitudinais

As Figuras seguintes representam a planta de localização do traçado sobre a carta militar, à escala 1/25000 para a Opção A e Opção B, respetivamente.

Os perfis longitudinais estão representados para a Opção A e B na Figura 285 e Figura 286.

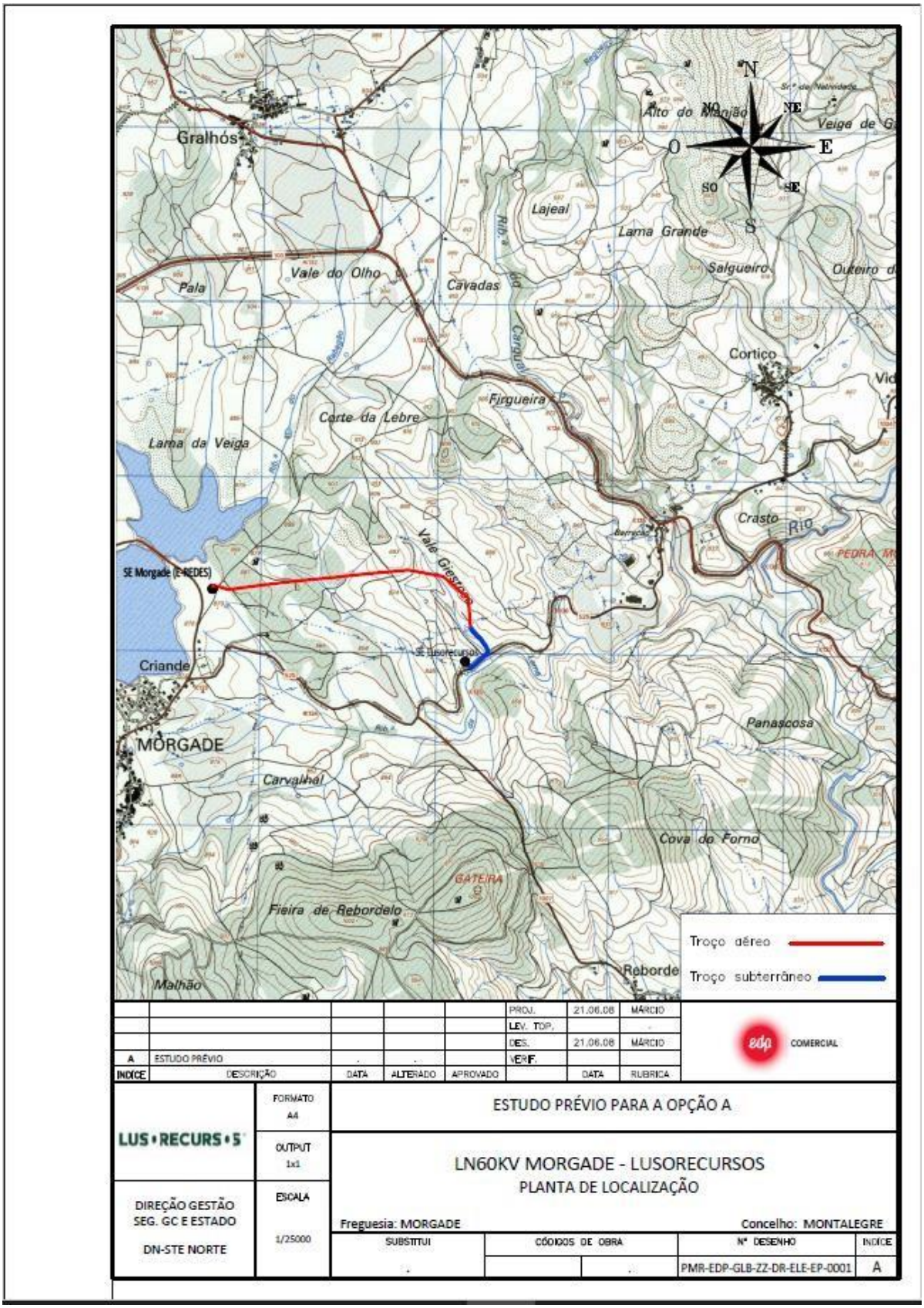


Figura 283 - Opção A: Planta de localização LN60 MORGADE-LUSORECURSOS, na escala 1/25000– [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0001]

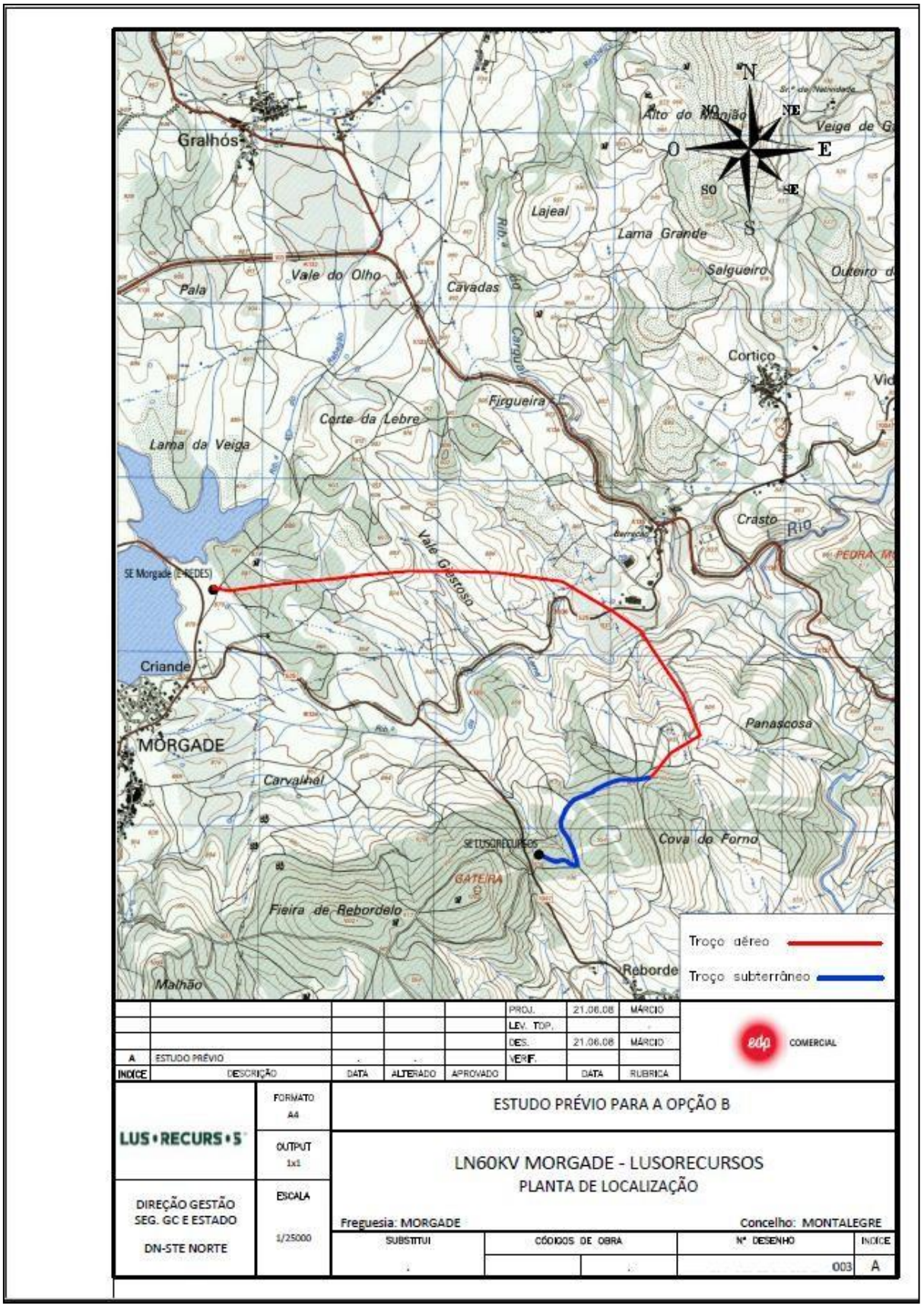


Figura 284 - Opção B: Planta de localização LN60 MORGADE-LUSORECURSOS, na escala 1/25000– [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0003]

Neste traçado existirá um cruzamento com o novo traçado proposto para a linha MT LN15 p/ PT MTR 0018 NEGROES-VIL, entre os vãos 9-10.

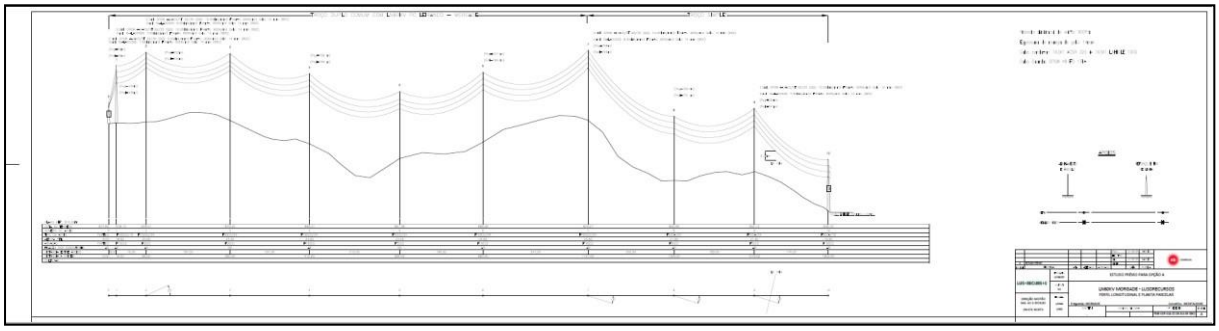
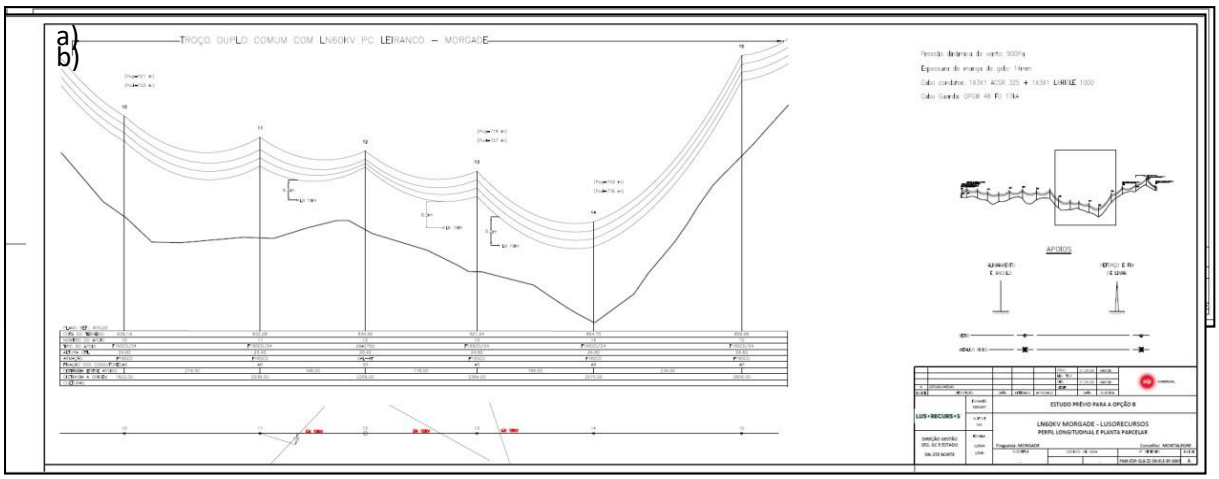


Figura 285 - Opção A: Perfis longitudinais da LN60 MORGADE-LUSORECURSOS, na escala 1/25000 e 1/500 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0402]

Para a Opção B, existirão 4 cruzamentos com linhas MT existentes. Como o traçado AT para a Opção B é comum ao traçado da Opção para a linha LN60 Leiranco – Morgade a deslocalizar, as condicionantes ao traçado e perfil serão equivalentes.



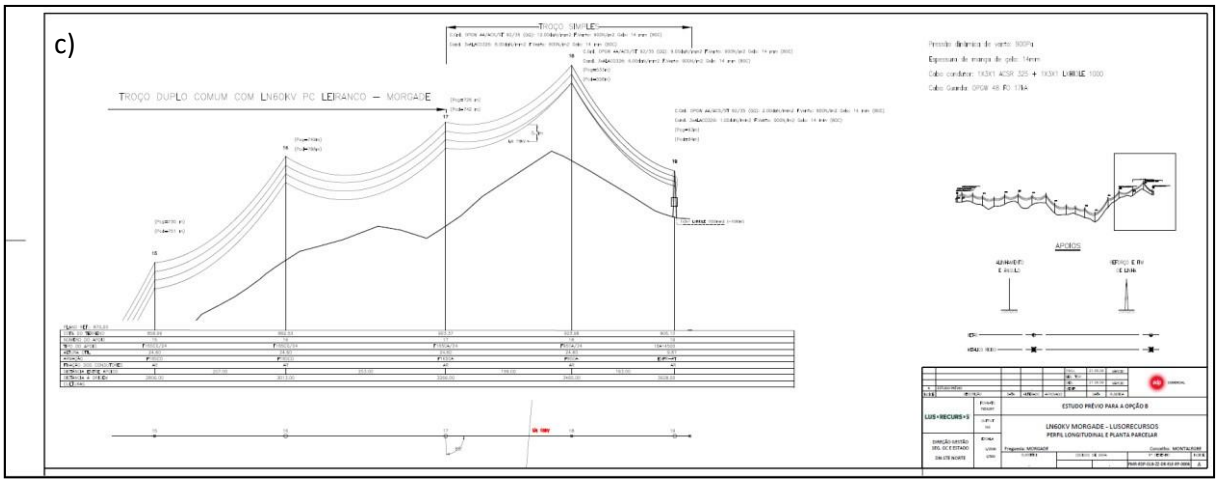


Figura 286 - Opção B: Perfis longitudinais da LN60 MORGADE-LUSORECURSOS, na escala 1/25000 e 1/500. a) [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-040]; b) [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0405]; c) [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0406].

3.3.2. LN15 p/ PT MTR 0018 NEGROES-VIL

Em conformidade com o apresentado na secção referente ao estudo de traçado, foi desenvolvido um estudo prévio para permitir desviar a linha MT de alimentação ao PT MTR 0018, que irá conflituar com a Zona de Anexos Mineiros.

Para as Opções A e B, a proposta de desvio é comum na medida em que é compatível com ambas as Opções.

A Figura 287 representa a planta de localização do traçado sobre a carta militar, à escala 1/25000 para a Opção A e Opção B, respetivamente.

O perfil longitudinal e planta parcelar está representado na Figura 288.

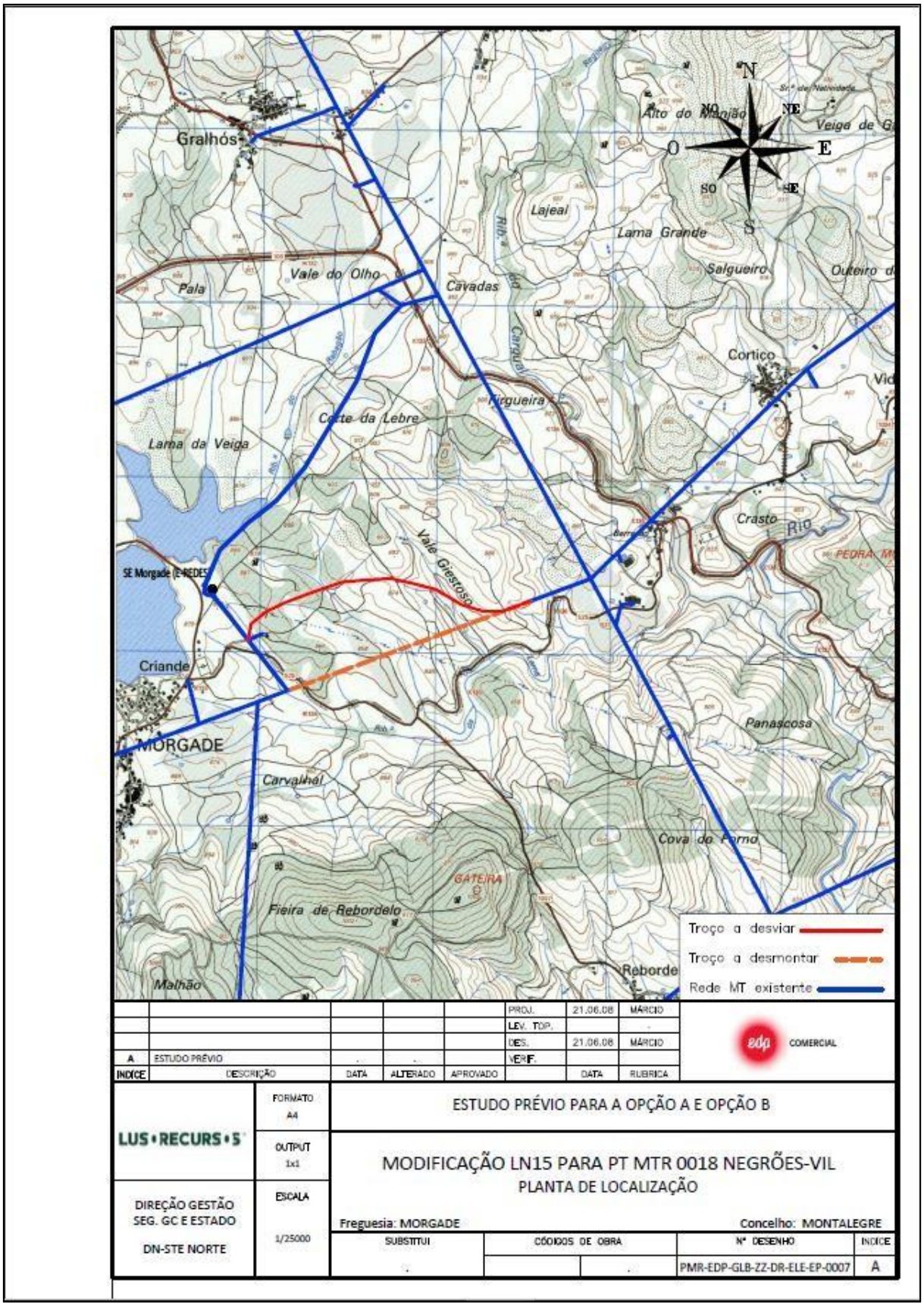


Figura 287 - Opção A e B: Planta de localização da modificação da LN15 PARA PT MTR 0018 NEGRÕES – VIL, na escala 1/25000 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0007]

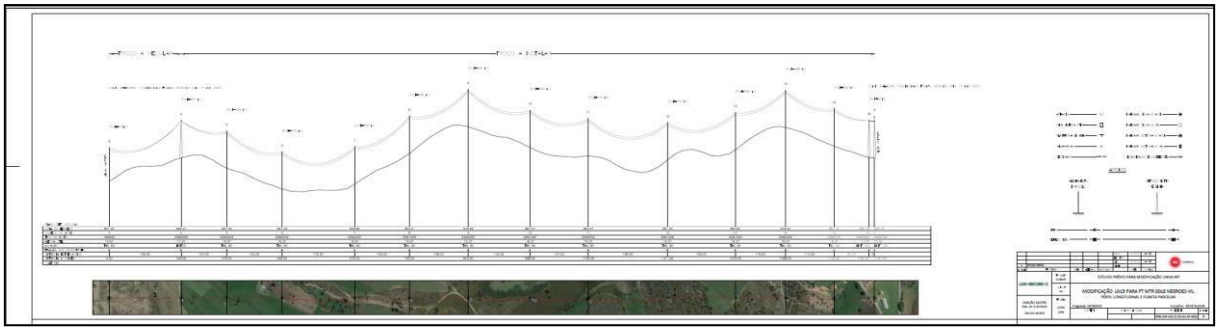


Figura 288 - Opção A e B: Perfil e planta parcelar da modificação da LN15 PARA PT MTR 0018 NEGRÕES – VIL, na escala 1/25000 e 1/500 – [PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0008]

Cumulativamente ao disposto na secção *3.3.1.1 Condições técnicas gerais*, para projeto do desvio da linha de MT foram considerados os seguintes pressupostos:

1. Manutenção da secção do condutor existente: ACSR 90 mm2;
2. Espessura da manga de gelo sobre os condutores de 14mm;
3. Documento Normativo E-REDES: *DRE-C11-605 Rede MT - Soluções Especiais: situações de Gelo, Avifauna, Arcos, Derivações em Suspensão e Reparação de Roturas de cabos com alma de aço.*

ANEXO B - Infraestruturas elétricas de apoio à indústria

APRESENTAÇÃO

O documento foi elaborado de acordo com a legislação em vigor, nomeadamente:

- Regulamento de Segurança de Subestações e de Postos de Transformação e de Seccionamento publicado pelo DL n.º 42 895, de 31 de Março de 1960 e respetivas alterações;
- Diretivas europeias transpostas para o nosso enquadramento legal pelos DL n.º 441/91 de 14 de Novembro e DL n.º 155/95 de 1 de Julho, regulamentada pela Portaria n.º 101/96 de 3 de Abril
- Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (11 Setembro de 2006)
- Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão (RSLEAT)
- Regulamento de proteção às espécies florestais e agrícolas
    - Tensões induzidas
    - Proteções radioelétricas
    - Ruído acústico

1. Introdução

Apresentação do estudo prévio da rede elétrica de distribuição para a Mina do “Romano”.

1.1. Metodologia da estrutura do estudo prévio

O presente estudo prévio foi estruturado tendo em consideração a indicação dos seguintes fatores:

a) cargas elétricas previstas;
b) cargas críticas;
c) cargas socorridas;
d) níveis de tensão;
e) fontes de alimentação;
f) áreas dos edifícios que irão alojar os equipamentos elétricos;
g) equipamentos que irão equipar as salas elétricas;
h) medidas adotadas para garantia da qualidade de energia;
i) medidas de proteção ambientais;
j) medidas de segurança.

1.2. Objetivo

O objetivo do presente estudo prévio é a definição das infraestruturas elétricas que serão necessárias projetar para permitir a laboração de uma indústria mineira de extração de lítio com um elevado grau de qualidade, segurança e o escrupuloso cumprimento das responsabilidades ambientais, indústria esta situada em Montalegre.

2. Cargas Elétricas Previstas

Atendendo à informação que é disponibilizada pelos fornecedores de equipamentos e o conhecimento de outros complexos mineiros equivalentes, as cargas que necessárias previstas serão as que se indicam na Tabela 1, distribuídas pelas diversas áreas da indústria.

Tabela 1 - Cargas elétricas

DESCRIÇÃO	Total KW
POTÊNCIA TOTAL DA INSTALAÇÃO	**50 000**
Zona CAM	**36 210**
Administração	600
Área de Pessoal + Cantina	300
Armazém de produto acabado	100
Armazém material bruto para moagem (proveniente tela transp.)	100
Armazém Substâncias Químicas	40
Calcinação (CFB)	60
Centro Médico	40
Depósitos água ETAR/ETAI	2 000
Espessamento tailings	150
Estações de carregamento (mobilidade elétrica)	600
Fábrica hidrometalúrgica (refinaria)	12 000
Filtração tailings	600
Lagoa água do processo	1 000
Lagoa de água bruta	1 000
Moagem e Concentrador (flutuação)	12 000
Oficinas	350
Parque rejeitados sólidos	1 500
Postos de controlo e portões (Norte)	40
Postos de controlo e portões (Oeste)	40
Reservatórios água potável R2 (2 células)	500
Reservatórios incêndios Rin (2 células)	250
Serviços técnicos	300
Silos de armazenamento	80
Sistema tratamento de águas - ETAR/ETAI	1 000
Tela transportadora rejeitados/tailings	1 500
Unidade autónoma de gás natural liquefeito (UAGNL)	60
Zona Exploração	**13 790**
Plataforma Boca da Mina:	**3 070**
Área de Pessoal e Primeiros Socorros - Mina	100

Edifício grupo de intervenção Mina	30
Entrada mina/Boca da Mina	30
Estação carregamento mina (mobilidade elétrica)	1 000
Oficinas Mina	500
Posto de abastecimento combustível	60
Reservatórios de água - interv. mina	100
Serviços técnicos Mina	50
Sistema tratamento de águas Mina -ETAM	1 000
Subestação elétrica e gestão técnica centralizada	200
Plataforma Britagem:	**2 750**
Armazém material britagem	1 000
Edifício 2ª e 3ª britagem + sensor ótico	150
Stacker	100
Tela transportadora para o CAM	500
Tela transportadora para estéril	500
Tela transportadora para minério	500
Mina Subterrânea - Underground Mine	**7 300**
Britagem primária e torva	1 500
Rampa Inferior (LOR -Lower Orebody Ramp)	500
Rampa Principal de Acesso (MAR -Main access ramp)	500
Poço Principal de Acesso (MAS - Main Access Shaft)	1 000
Chaminé de minério - Orepass	1 000
Galeria horizontal de acesso ao fundo do poço (SCG - Shaft Connection Gallery)	250
Chaminé de ventilação Oeste - ventilation shaft western	1 000
Tela transportadora underground	250
Rampa Superior (UOR- Upper Orebody Ramp)	150
Galeria superior strike (USG - Upper Strike Galleries)	150
Chaminé de ventilação Este - ventilation shaft east	1 000
Instalações de apoio à exploração:	**550**
Caroteca (armazém de amostras de testemunhos de sondagens)	40
Centro de controlo	40
Edifício grupo de intervenção - depósitos minério e estéril	50
Laboratório de Geologia	70
Represa de água (sudoeste concessão) c.f	100
Reservatórios grupo de intervenção	50
Torva (apoio ao envio de minério para a britagem)	200
Acessos:	**120**
Portão de controlo (Este)	30
Portão de controlo (Nordeste)	30

Portão de controlo (Oeste)	30
Posto de controlo e portão (Sul)	30

Conforme indicado na tabela, estamos perante um valor de 50MW, sem se estar a afetar fatores de utilização e de simultaneidade, nem se estar a considerar fatores de potência.

Ao valor total considerado para a potência instalada, será necessário afetar os devidos fatores de utilização e de simultaneidade, bem com fator de potência.

Na Tabela 2 indicamos os fatores de utilização e de simultaneidade previstos, bem como os valores referentes ao fator de potência, embora para estes últimos os valores sejam residuais, pois está prevista a instalação de equipamentos que fazem esta correção nos diversos PTs (postos de transformação e seccionamento) e na SE.

De modo análogo ao indicado para os valores das cargas, os valores que se indicam na tabela seguinte são preliminares, atendendo a que se está dependente de como vão ser utilizados os equipamentos elétricos no processo mineiro, pelo que os valores apresentados se baseiam no conhecimento de outros complexos mineiros versus os valores que se pretendem obter de produção.

Tabela 2 - Fatores de Utilização, Simultaneidade e Potência

	DESCRIÇÃO	TOTAL KW	FATORES		Total Operação KW	FATOR	Total Operação kVar	Total Operação KVA
	Potência total da instalação	**50 000**			**45 475,4**		**12 040**	**47 043**
SIGLAS	**Zona CAM**	**36 210**	**Utilização**	**Simultaneidade**	**32 985,85**	**Potência**	**8 739**	**34 125**
ADM	Administração	600	0,8	0,8	384	0,97	120	402
APC	Área de Pessoal + Cantina	300	0,8	0,8	192	0,97	60	201
APA	Armazém de produto acabado	100	0,8	0,8	64	0,97	20	67
AMO	Armazém material bruto para moagem (proveniente tela transp.)	100	0,8	0,8	64	0,97	20	67
ASQ	Armazém Substâncias Químicas	40	0,8	0,8	25,6	0,97	8	27
CFB	Calcinação (CFB)	60	0,9	0,95	51,3	0,97	14	53
CMD	Centro Médico	40	0,8	0,8	25,6	0,97	8	27
DET	Depósitos água ETAR/ETAI	2 000	0,9	0,95	1710	0,97	451	1 769
ETL	Espessamento tailings	150	0,9	0,95	128,25	0,97	34	133
ECE	Estações de carregamento (mobilidade elétrica)	600	0,9	0,95	513	0,97	135	531
FHM	Fábrica hidrometalúrgica (refinaria)	12 000	1	0,95	11 400	0,97	3 007	11 790
FTL	Filtração tailings	600	0,9	0,95	513	0,97	135	531
LAP	Lagoa água do processo	1 000	0,9	0,95	855	0,97	226	884
LAB	Lagoa de água bruta	1 000	0,9	0,95	855	0,97	226	884
FLU	Moagem e Concentrador (flutuação)	12 000	1	0,95	11 400	0,97	3 007	11 790

OFC	Oficinas	350	0,9	0,95	299,25	0,97	79	309
PRS	Parque rejeitados sólidos	1 500	0,9	0,95	1 282,5	0,97	338	1 326
PCN	Postos de controlo e portões (Norte)	40	0,9	0,95	34,2	0,97	9	35
PCW	Postos de controlo e portões (Oeste)	40	0,9	0,95	34,2	0,97	9	35
RAP	Reservatórios água potável R2 (2 células)	500	0,9	0,95	427,5	0,97	113	442
RIN	Reservatórios incêndios Rin (2 células)	250	0,9	0,95	213,75	0,97	56	221
STC	Serviços técnicos	300	0,9	0,95	256,5	0,97	68	265
SAR	Silos de armazenamento	80	0,9	0,95	68,4	0,97	18	71
ETA	Sistema tratamento de águas - ETAR/ETAI	1 000	0,9	0,95	855	0,97	226	884
TTT	Tela transportadora rejeitados/tailings	1 500	0,9	0,95	1 282,5	0,97	338	1326
GNL	Unidade autónoma de gás natural liquefeito (UAGNL)	60	0,9	0,95	51,3	0,97	14	53
SIGLAS	**Zona Exploração**	**13 790**			**12 489,55**		**3 300**	**12 918**
PBM	**Plataforma Boca da Mina:**	**3 070**			**2 814,85**		**743**	**2 911**
PPS	Área de Pessoal e Primeiros Socorros - Mina	100	0,9	0,95	85,5	0,97	23	88
EIM	Edifício grupo de intervenção Mina	30	0,9	0,95	25,65	0,97	7	27
EBM	Entrada mina/Boca da Mina	30	0,9	0,95	25,65	0,97	7	27
ECM	Estação carregamento mina (mobilidade elétrica)	1 000	1	0,95	950	0,97	251	983
OFM	Oficinas Mina	500	0,9	0,95	427,5	0,97	113	442
PCB	Posto de abastecimento combustível	60	0,9	0,95	51,3	0,97	14	53
RAI	Reservatórios de água - interv. mina	100	0,9	0,95	85,5	0,97	23	88
STM	Serviços técnicos Mina	50	0,9	0,95	42,75	0,97	11	44

ETM	Sistema tratamento de águas Mina -ETAM	1 000	1	0,95	950	0,97	251	983
SEL	Subestação elétrica e gestão técnica centralizada	200	0,9	0,95	171	0,97	45	177
PBT	**Plataforma Britagem:**	**2 750**			**2 446,25**	**0,97**	**645**	**2 530**
AMB	Armazém material britagem	1 000	1	0,95	950	0,97	251	983
BRS	Edifício 2ª e 3ª britagem + sensor ótico	150	0,9	0,95	128,25	0,97	34	133
STK	Stacker	100	0,9	0,95	85,5	0,97	23	88
TTC	Tela transportadora para o CAM	500	0,9	0,95	427,5	0,97	113	442
TTE	Tela transportadora para estéril	500	0,9	0,95	427,5	0,97	113	442
TTM	Tela transportadora para minério	500	0,9	0,95	427,5	0,97	113	442
UGM	**Mina Subterrânea - Underground Mine**	**7 300**			**6764**		**1 784**	**6 995**
BPT	Britagem primária e torva	1 500	1	0,95	1425	0,97	376	1 474
LOR	Rampa Inferior (LOR -Lower Orebody Ramp)	500	0,9	0,95	427,5	0,97	113	442
MAR	Rampa Principal de Acesso (MAR -Main access ramp)	500	0,9	0,95	427,5	0,97	113	442
MAS	Poço Principal de Acesso (MAS - Main Access Shaft)	1 000	1	0,95	950	0,97	251	983
ORS	Chaminé de minério - Orepass	1 000	1	0,95	950	0,97	251	983
SCG	Galeria horizontal de acesso ao fundo do poço (SCG - Shaft Connection Gallery)	250	0,9	0,95	213,75	0,97	56	221
SVW	Chaminé de ventilação Oeste - ventilation shaft western	1 000	1	0,95	950	0,97	251	**983**
TTU	Tela transportadora underground	250	0,9	0,95	213,75	0,97	56	**221**
UOR	Rampa Superior (UOR- Upper Orebody Ramp)	150	0,9	0,95	128,25	0,97	34	**133**
USG	Galeria superior strike (USG - Upper Strike Galleries)	150	0,9	0,95	128,25	0,97	34	**133**

VSE	Chaminé de ventilação Este - ventilation shaft east	1 000	1	0,95	950	0,97	251	**983**
IAE	**Instalações de apoio à exploração:**	**550**			**416,45**		**113**	**432**
CRT	Caroteca (armazém de amostras de testemunhos de sondagens)	40	0,9	0,95	34,2	0,97	9	35
CCT	Centro de controlo	40	0,5	0,8	16	0,97	5	17
EID	Edifício grupo de intervenção - depósitos minério e estéril	50	0,5	0,8	20	0,97	6	21
LGE	Laboratório de Geologia	70	0,5	0,8	28	0,97	9	29
RAG	Represa de água (sudoeste concessão) c.f	100	0,9	0,95	85,5	0,97	23	88
RID	Reservatórios grupo de intervenção	50	0,9	0,95	42,75	0,97	11	44
TRV	Torva (apoio ao envio de minério para a britagem)	200	1	0,95	190	0,97	50	197
ACS	**Acessos:**	**120**			**48**		**15**	**50**
PCE	Portão de controlo (Este)	30	0,5	0,8	12	0,97	4	13
PND	Portão de controlo (Nordeste)	30	0,5	0,8	12	0,97	4	13
PCO	Portão de controlo (Oeste)	30	0,5	0,8	12	0,97	4	13
PCS	Posto de controlo e portão (Sul)	30	0,5	0,8	12	0,97	4	13

Conforme se pode verificar pela Tabela 2, o complexo mineiro tem uma potência de operação, em KVA, prevista de 47 043, com este valor o complexo terá de ser dotado de uma SE que terá de ser alimentada através da rede do distribuidor de energia, prevendo-se a sua alimentação através da SE de Morgade da E-REDES; o estudo prévio da linha que irá assegurar a alimentação à tensão de 60kV da SE da Mina do "Romano" encontra-se no anexo A.

A distribuição de energia será assegurada por uma rede de MT que alimentará postos de transformação e seccionamento, os quais irão assegurar a alimentação de toda a unidade industrial. Nas duas tabelas seguintes indicam-se os postos de transformação e a potência instalada nos mesmos para cada uma das opções de localização da SE. De salientar que a potência total instalada apresentada é superior à potência de operação pelo facto de se estar a prever transformadores redundantes para a SE, este aspeto prende-se pelo facto de que em caso de avaria um transformador deste tipo tem um prazo de entrega de +/- um ano, prazo este incompatível com a continuidade de operação mineira.

Nas peças desenhadas podem ser visualizadas a localização da subestação e dos postos de transformação, sendo que nas peças desenhadas PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0009-R00 e PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0010-R00 visualiza-se a opção "A", e, nas peças desenhadas PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP- 0011-R00 e PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0012-R00 pode-se visualizar a opção "B".

Tabela 3 - Opção "A" - Potência instalada (SE e PST)

Nome	Transformadores (kVA)											Total	Geradores (kVA)	Total	Banco de baterias (kVA)		Total	Área	Sub-Área
	100	250	400	500	800	1000	1250	2500	2800	5000	25000		2500		5000	40			
SE	2									1	4	105200	2	5000	1		5000	GLB	SEL
PST1						2		4				12000				1	40	CAM	CFB;FHM;APA;GNL
PST2					2				5			15600				1	40	CAM	FLU;ETL;FTL;PRS;SAR;TTT
PST3			2		2							2400				1	40	CAM	ADM;APC;AMO;ASQ;CMD;ECE;OFC;PCN;PCW;RIN;STC
PST4									2			5000				1	40	CAM	DET;LAB;RAP;ETA;LAP
PST5			2					2				5800				1	40	EXP	PPS;EIM;EBM;ECM;OFM;PCB;RAI;STM;ETM;AMB;BRS;STK;TTM;SVW;PND
PST6				2			2					3500				1	40	EXP	TTC;TTE;MAS;TTU;VSE;TRV;PCE;PCS
PST7		2										500				1	40	EXP	CRT;CCT;EID;LGE;RAG;RID;PCO
FUNDO MINA												4000				**1**	40	EXP	BPT;LOR;MAR;ORS;SCG;UOR;USG

Tabela 4 - Opção "B" - Potência instalada (SE e PST)

Nome	Transformadores (kVA)											Total	Geradores (kVA)	Total	Banco de baterias (kVA)		Total	Área	Sub-Área
	100	250	400	500	800	1000	1250	2500	2800	5000	25000		2500		5000	40			
SE	2									1	4	105200	2	5000	1		5000	GLB	SEL
PST1						2		4				12000				1	40	CAM	CFB;FHM;APA;GNL
PST2					2				5			15600				1	40	CAM	FLU;ETL;FTL;PRS;SAR;TTT
PST3			2		2							1800				1	40	CAM	APC;AMO;ASQ;CMD;ECE;OFC;RIN;STC
PST4									2			5000				1	40	CAM	DET;LAB;RAP;ETA;LAP
PST5			2					2				5800				1	40	EXP	PPS;EIM;EBM;ECM;OFM;PCB;RAI;STM;ETM;AMB;BRS;STK;TTM;SVW;PND
PST6				2			2					3500				1	40	EXP	TTC;TTE;MAS;TTU;VSE;TRV;PCE;PCS
PST7							2					500				1	40	EXP	CRT;CCT;EID;LGE;RAG;RID;PCO
PST8							2					500					40	EXP	ADM;PCN;PCW
FUNDO MINA												4000				1	40	EXP	BPT;LOR;MAR;ORS;SCG;UOR;USG

3. Cargas Críticas

Foram consideradas como cargas críticas todas as cargas que não possam sofrer interrupções de energia. Nesta fase não existe ainda um total conhecimento destas cargas, mas existirá a necessidade de prover os PTs de unidades ininterruptas de energia compostas por bancos de baterias de lítio, estas unidades irão assegurar cargas, como por exemplo: de “datacenters”, sistemas de automação, alimentação à instrumentação, centrais de incendio, controle de acessos, sistemas de CCTV e iluminação de emergência. Prevê-se a instalação de unidades de 40kVA com autonomia de 8 horas.

4. Cargas Socorridas

Foram consideradas como cargas socorridas todas as cargas que, por razões de operação, terão de operar durante um período de tempo específico até que a instalação seja colocada em segurança e os técnicos que operam na mesma, desta forma, a SE será dotada de dois geradores de 2500kVA cada e um banco de baterias de lítio de 5000kVA. Estes sistemas estarão ligados a transformadores elevadores que elevarão a tensão para o patamar de MT que por sua vez alimentará os PTs, que por sua vez alimentarão as cargas socorridas.

Existirá um sistema de comando e controlo que fará a gestão da alimentação da rede do distribuidor de energia com o gerador e banco de baterias, em linhas gerais. Prevê-se que o sistema opere da seguinte forma: em caso de falha de energia do distribuidor, todas as cargas normais deixarão de ser alimentadas porque estarão dotadas de bobine de mínima de tensão, as cargas socorridas mantêm-se ligadas sendo alimentadas pelos geradores ou pelo banco de baterias que entrará em serviço 3 minutos após ter sido detetada a falha de energia de rede.

Como já referido em outros pontos, à data não se tem o perfeito conhecimento das cargas socorridas, mas prevê-se que estas sejam a alimentação de:

- Espessadores;
- Ventilação do fundo de mina;
- Bombagem de fundo de mina;
- Climatização de “datacenter”;
- Iluminação de serviço.

5. Níveis de Tensão

A instalação será provida dos níveis de tensão conforme se indicam na Tabela 5, bem assim como se indicam também na mesma os equipamentos que irão ser suportados porestes.

Tabela 5 - Níveis de tensão

Tensão	Nível	Descrição
60000Vca	AT	Alimentação principal da subestação
15000Vca	MT	Alimentação de backup da subestação
30000Vca	MT	Alimentação dos postos de transformação e seccionamento (superfície e fundo)
1000Vca	BT	Alimentação dos equipamentos de processo do fundo de mina
690Vca	BT	Alimentação de equipamentos de processo de superfície
400Vca	BT	Alimentação de equipamentos auxiliares ao processo de fundo e de superfície
230Vca	BT	Alimentação de instrumentação, iluminação, tomadas, etc
110Vcc	BT	Alimentação de comandos, motorizações e relés de proteção dos quadros
24Vca	BT	Alimentação de cartas de comunicação

Indicam-se de seguida (**Tabela 6**) os níveis de tensão que estarão presentes nos PST e na SE.

Tabela 6 - Níveis de tensão (SE e PST)

Nome	Níveis de tensão (V)									Área
	60000	30000	15000	1000	690	400	230	110	24	
SE	X	X	X			X	X	X	X	GLB
PST1		X			X	X	X	X	X	CAM
PST2		X			X	X	X	X	X	CAM
PST3		X			X	X	X	X	X	CAM
PST4		X				X	X	X	X	CAM
PST5		X			X	X	X	X	X	EXP
PST6		X			X	X	X	X	X	EXP
PST7		X				X	X	X	X	EXP
PST8		X				X	X	X	X	EXP
FUNDO MINA		X		X		X	X	X	X	EXP

6. Fontes de Alimentação

A instalação será alimentada a partir do distribuidor de energia, nomeadamente da SE de Morgade a dois níveis de tensão, sendo a fonte de alimentação principal os 60kV e a fonte de backup os 15kV.

A instalação será ainda dotada de fontes de alimentação independentes/próprias, como dois grupos de socorro, a diesel, de 2 500kVA cada, um banco de baterias de 5 000kVA e de centrais fotovoltaicas que serão instaladas sobre os telhados das unidades industriais. Prevê-se que as baterias, para além de servirem de fonte de socorro, possam também servir como medida de otimização de custos de energia, sendo carregadas nas horas em que a energia é mais económica e alimentando a instalação através destas quando o valor da energia é mais elevado. A forma prevista de atuação das fontes, é a seguinte:

- 1ª alimentação e alimentação normal: 60kV;
- 2ª alimentação 15kV - alimentação de backup: utilizada unicamente em cortes de energia programados nos 60kV ou em manutenções na SE da Mina do “Romano” (esta alimentação de backup só pode ser usada em períodos programados, não pode servir como alimentação de socorro devido às interações que serão necessárias efetuar com a E- REDES);
- 3ª alimentação - alimentação de socorro: é assegurada por banco de baterias até 90% da carga do banco de baterias; quando se atingir este valor, passará a ser assegurada pelos geradores (os restantes 10% da carga do banco de baterias serão utilizados para alimentação das cargas críticas da SE);
- 4ª alimentação - alimentação de socorro: é assegurada através dos dois geradores de 2500kVA que serão instalados na SE da Mina do “Romano”;
- 5ª alimentação - alimentações provenientes das centrais fotovoltaicas que atuarão em ilha/autoconsumo, ou seja, só estarão a produzir para a indústria se a mesma estiver em funcionamento.

7. Áreas dos Edifícios que irão alojar os equipamentos elétricos

Como já referido em pontos anteriores, como não se dispõe de toda a informação, as áreas poderão sofrer ajustes, todavia, não se prevê que os mesmos sejam significativos; não se prevê alterações para mais ou para menos na ordem dos 20%.

Prevêem-se quatro metodologias para salas elétricas:

1. Sala elétrica construída para o efeito: com o objetivo de albergar todo o equipamento elétrico da subestação (em anexo peças desenhadas PMR-EDP-SEL-ZZ-DR-ARQ-EP- 0001 a 0006-R00 e PMR-EDP-SEL-ZZ-DR-ARQ-EP-0007-R00 para uma melhor interpretação);

2. Salas elétricas integradas no interior de outros edifícios: esta opção prende-se pelo facto da centralização das cargas e de enquadramento paisagístico de forma a evitar vários edifícios, e será utilizada nas zonas de processo (em anexo apresenta-se desenho tipo/base PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0013-R00);

3. Sala elétrica construída para o efeito: esta opção é tomada quando junto ao centro de cargas não existe um edifício que possa integrar as necessidades da sala elétrica (em anexo apresenta-se desenho tipo/base PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0014-R00), a arquitetura do edifício seguirá as mesmas linhas dos edifícios vizinhos (Figura 289 com exemplo de uma sala deste tipo para uma chaminé de ventilação);

4. Sala elétrica construída para o efeito: poderá ser integrada ou não em edifício; sempre que possível será tomada a opção de integração em edifício (em anexo apresenta-se desenho tipo/base PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0015-R00), a arquitetura do edifício seguirá as mesmas linhas dos restantes edifícios da indústria.

5. Salas elétricas de fundo de mina: prevê-se a execução de salas centrais (distribuição) que serão construídas para o efeito em galerias (em anexo apresenta-se desenho tipo/base para as salas de fundo de mina de distribuição PMR-EDP-GLB-ZZ-DR-ELE-EP-0017- R00).

6. Salas elétricas de fundo de mina: pré-fabricadas que irão assegurar as necessidades de exploração, Figura 290 - exemplo de sala pré-fabricada.

Figura 289 - Exemplo de sala

Figura 290 - Exemplo de sala pré-fabricada para fundo de mina

As áreas dos edifícios/salas técnicas para eletricidade terão as áreas aproximadas que se indicam na Tabela 7.

Tabela 7 - Áreas aproximadas dos edifícios/salas técnicas

	Piso 0			Piso 1			m²							
Tipo de sala	**Comprimento (m)**	**Largura (m)**	**Altura (m)**	**Comprimento (m)**	**Largura (m)**	**Altura (m)**	**Compartimentos transformadores**	**Compartimento média tensão**	**Compartimento alta tensão**	**Compartimento baixa tensão**	**Sub- Total**	**N.º de salas Solução A**	**N.º de salas Solução B**	**Total parcial por tipo de sala**
1	54,19	31,68					365	457	175	719,74	1716,74	1	1	1716,74
2	35,46	10,85	4,6	35,46	10,85	6	208,50	176,24	n/a	384,74	769,48	2	2	1538,96
3	43,13	13,53	3,9	n/a	n/a	n/a	71,74	60,00	n/a	365,00	496,74	3	3	1490,23
4	13,55	11,4	3,8	n/a	n/a	n/a	24,00	24,60	n/a	84,00	132,60	2	3	265,20
5	20	9	3,8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	180,00	n/a	n/a	n/a
6	6	2,5	2	n/a	n/a	n/a	7,50	3,75	n/a	3,75	15,00	n/a	n/a	n/a

8. Equipamentos que irão equipar as salas elétricas

As salas elétricas serão equipadas como indicado nas peças desenhadas de esquemas unifilares, as principais características dos equipamentos são as que se indicam de seguida:

Equipamentos de alta tensão:

- Equipamentos de corte e proteção do tipo híbrido com isolamento a SF6 (Figura 291);
- Transformadores com isolamento a óleo mineral (Figura 292);
- Transformadores de medida de tensão, com isolamento a seco;
- Descarregadores de sobretensão em resina epóxida;
- Isoladores em porcelana.

Equipamentos de média tensão:

- Equipamentos de corte e proteção com isolamento a ar, disjuntores e seccionadores a vácuo ou SF6. NOTA: os quadros das salas principais serão do tipo extraível para distribuição primária, os das salas secundárias, como por exemplo, os das salas pré-fabricadas do fundo de mina serão do tipo não extraível (Figura 294 - exemplo de um QMT com isolamento a ar e disjuntores a vácuo);
- Transformadores com isolamento a óleo mineral e arrefecimento natural (para a superfície) e com isolamento a seco (para o fundo de mina ou integrados em edifícios onde não fiquem com acesso direto ao exterior) – Figura 293 - exemplo transformador seco;
- Bancos de condensadores para correção de fator de potência.

Equipamentos de baixa tensão:

- Geradores, a diesel;
- Bancos de baterias;
- Bancos de condensadores de correção de fator de potência;
- Transformadores de isolamento;
- Quadros gerais de distribuição do tipo 4B com disjuntores extraíveis;
- Quadros MCCs para alimentação dos equipamentos de processo, módulo 4B com gaveta extraível (Figura 295 - exemplo de quadro MCC);
- Quadros auxiliares para alimentação dos serviços auxiliares (iluminação, tomadas, entre outros) – Figura 296 - exemplo de quadro serviços auxiliares;
- Variadores de velocidade;

- Arrancadores suaves.

Figura 291 - Exemplo de Disjuntor híbrido

Figura 292 - Exemplo de Transformador a óleo

Figura 293 - Exemplo de Transformador a seco

Figura 294 - Exemplo de Quadro de MT

Figura 295 - Exemplo de Quadro MCC

Figura 296 - Exemplo de Quadro Serviços Auxiliares

9. Medidas adotadas para garantia da qualidade de energia

Serão adotadas medidas que irão garantir a qualidade de energia na instalação, medidas estas que passarão por:

- Motores de alta eficiência energética;
- Variadores de velocidade contendo filtros de harmónicas;
- Bancos de correção de fator de potência em média e baixa tensão;
- Cabos adequados à variação de velocidade.

10.Medidas adotadas para proteção do meio ambiente

Identificam-se em seguida aspetos diretamente relacionados com o funcionamento das salas elétricas destinadas a postos de transformação e subestação que são suscetíveis de provocar impactos ambientais negativos, expondo a sua probabilidade de ocorrência (quando aplicável), magnitude e ações de minimização habitualmente praticadas.

Os riscos que as salas elétricas poderão representar para o meio ambiente são essencialmente:

- Campos eletromagnéticos;
- Efeito de coroa;
- Fuga de hexafluoreto de enxofre (SF6) para a atmosfera;
- Derrame de óleo de Transformadores ou Reactância;
- Ruído Acústico ambiente.

10.1. Campos elétricos e magnéticos

10.1.1. Campos eletromagnéticos

A Portaria nº. 1421/2004 de 23 de Novembro transpõe para a Legislação Portuguesa o quadro de restrições básicas e de níveis de referência relativos à exposição do público em geral aos campos eletromagnéticos, constante da Recomendação do Conselho da União Europeia nº. 1999/519/CE de 12 de Julho de 1999, a qual, por sua vez, se baseia na transcrição parcelar do documento "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)" da ICNIRP-International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.

As recomendações apontam os valores máximos de 5 kV/m (rms) e 100 mT (rms) para os campos elétrico e magnético a que o público em geral poderá estar permanentemente exposto.

Na vizinhança imediata da subestação, os campos eletromagnéticos à frequência industrial a que o público em geral poderá estar exposto serão originados essencialmente pela linha aérea que amarra no poste.

Com base em análises comparativas com cálculos teóricos e medições efetuadas em linhas similares de todo o mundo, pode concluir-se que os valores dos campos sob qualquer linha da E-REDES, de qualquer nível de tensão, se encontram abaixo dos limites referidos.

As salas elétricas, por constituírem áreas integralmente vedadas, cujo acesso está exclusivamente condicionado a pessoal devidamente qualificado, não permitem o acesso do público em geral ao seu interior, pelo que este tipo de infraestrutura não se enquadra no âmbito de aplicação da referida Portaria.

10.1.2. Efeito de coroa

Este fenómeno consiste na ocorrência de descargas intermitentes no seio do ar ionizado, provocadas pela presença de campo elétrico intenso na vizinhança dos condutores de alta tensão. Manifesta-se pela presença de uma luminescência de fraca intensidade, ruído audível característico de natureza crepitante e interferências radioelétricas, sendo responsável ainda por perdas de energia e formação de ozono. O dimensionamento do número e secção de condutores a utilizar nas ligações AT procurará sempre minimizar este efeito. No entanto, a sua intensidade depende fortemente das condições ambientais, sendo proporcional à percentagem de humidade. Refira-se que o envelhecimento dos condutores favorece a redução do efeito de coroa.

10.2. Derrame de óleo dos transformadores

Este tipo de ocorrência apenas terá significado relevante em caso de ocorrer uma avaria grave (e pouco provável) em qualquer das referidas máquinas.

Para as máquinas a instalar nas salas elétricas, estas serão instaladas de acordo com as atuais práticas em uso, sobre maciços apropriados, dotados de um sistema de recolha periférica do óleo, o qual, em caso de derrame, será drenado, por gravidade, para um adequado depósito subterrâneo de retenção de óleos, o qual terá capacidade para a recolha do volume de óleo contido na maior das máquinas instaladas.

10.3. Pressão acústica produzida pelos transformadores

10.3.1. Ruído Acústico ambiente

Para além do ruído associado ao efeito de coroa, a outra origem de ruído inerente às salas

elétricas reside no funcionamento das unidades de transformação. Nestas, as fontes de ruído identificadas provêm do funcionamento, de modo contínuo, dos núcleos magnéticos dos transformadores, o qual apresenta componentes tonais em frequências múltiplas da frequência nominal da rede (50 Hz).

No que respeita ao ruído percetível nas áreas envolventes das salas elétricas, será elaborado, no âmbito do Projeto de Construção Civil, um Estudo do Condicionamento Acústico das salas elétricas, de modo a garantir os limites legalmente definidos no Regime Legal sobre Poluição Sonora instituído pelo Decreto-Lei nº 292/2000 de 14 de Novembro. Neste Estudo é incluído um Mapa de Ruído, a partir do qual serão definidas, se for caso disso, as medidas a adotar de modo a serem cumpridos os requisitos legais.

10.4. Manipulação de SF6

10.4.1. Fuga de hexafluoreto de enxofre (SF6)

A fuga incontrolável de SF6 para a atmosfera ocorrerá apenas em caso de um incidente envolvendo o esvaziamento de um compartimento da instalação blindada na sequência de um defeito muito grave com rotura do disco de segurança, situação em que, apesar de tudo, a massa de gás envolvida é reduzida.

Qualquer operação de esvaziamento será sempre realizada de forma controlada para um depósito de trasfega apropriado, com vista ao posterior tratamento do gás.

As salas elétricas serão ainda dotadas de detetores de gás de hidrocarboneto de enxofre que em caso de deteção de gás, farão atuar um sistema de ventilação.

11.Segurança e Saúde

As salas elétricas serão construídas de forma a permitir um elevado grau de segurança de pessoas e bens, respeitando em tudo a legislação em vigor aplicável. Os riscos mais relevantes estão relacionados com o desenvolvimento de atividades em instalações elétricas, nomeadamente:

- Eletrocussão;
- Descargas atmosféricas;
- Incêndio;
- Explosão.

Serão adotadas as medidas necessárias à mitigação dos riscos associados, como por exemplo: instalação de para-raios, instalação de sistema de segurança contra incêndio, selagens corta-fogo, aplicação de equipamentos que cumpram com a classificação dos locais onde serão aplicados e com as características elétricas e mecânicas a que se destinam.

ANEXO C – Infraestruturas de Gás Natural

1. Objeto

Dadas as necessidades previstas para o processo, nomeadamente na área da refinaria, está prevista a instalação de uma Unidade Autónoma de Gás (UAG), que irá permitir a receção e armazenamento de Gás Natural Liquefeito (GNL), dada a inexistência de rede de distribuição na zona de implantação deste projeto.

A alimentação de GNL à instalação será feita por veículo-cisterna equipado com bomba de descarga de GNL, sendo que a zona de implantação da UAG permitirá um acesso fácil através de via privada.

Está prevista uma potência nominal estimada numa primeira fase de 30 MW térmicos e uma capacidade de armazenamento capaz de garantir uma autonomia de cerca de uma semana. A área de implantação da UAG prevê espaço para uma expansão futura, tanto ao nível do armazenamento do GNL, como da vaporização atmosférica.

Desta sairá uma rede de alimentação aos vários consumidores da instalação, sendo que o maior consumidor previsto será o Calcinador, localizado na Refinaria.

2. UAG (Unidade Autónoma de Gás)

Esta UAG irá ter uma capacidade de armazenamento inicial de 720 m^3, com possibilidade de expansão futura para 1 200 m^3 e uma capacidade de vaporização inicial de 2 850 Nm^3/h e futura de 3 650 Nm^3/h.

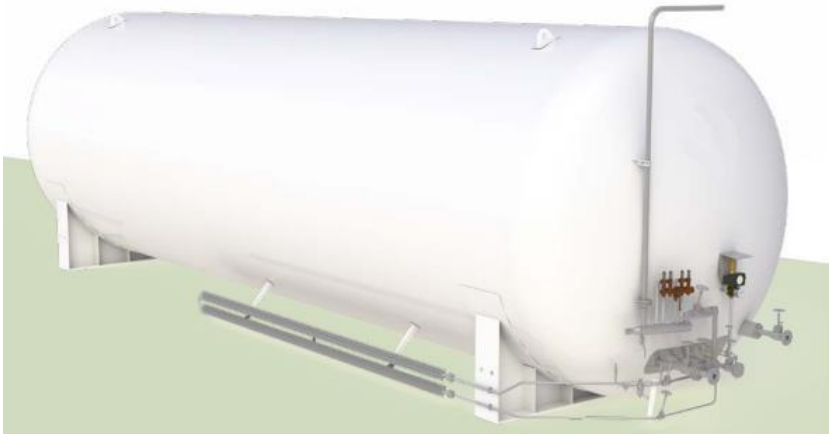
Estará localizada no interior do complexo, junto a uma via de acesso, cumprindo todas as normas aplicáveis, nomeadamente a Portaria nº 568/2000 de 7 de Agosto. A localização proposta para a UAG cumpre com todas as distâncias de segurança legalmente impostas.

A UAG será composta pelos seguintes equipamentos principais:

- Reservatórios horizontais, do tipo criogénico de parede dupla, com capacidade individual prevista de 240 m^3. O reservatório interior será em aço inoxidável, isolado termicamente por uma câmara com uma solução mista de material isolante e vácuo. O revestimento do reservatório exterior será com dupla camada de primário anticorrosivo e camada de acabamento epóxi poliuretano brando de alta refletividade.

Os reservatórios cumprirão as normas construtivas nacionais e europeias, nomeadamente o disposto no Decreto-Lei nº 211/99 de 14 de Junho e a Diretiva Europeia 2014/68/EU.

Os reservatórios possuirão uma ligação à terra com uma resistência inferior a 20 Ohm e será também instalado um sistema que permita a ligação equipotencial com o veículo-cisterna, durante os períodos de trasfega.



- Bacia de segurança, prevista para proteção contra derrames acidentais, estando prevista uma capacidade limite para acomodar a totalidade do volume dos reservatórios. Esta bacia possuirá uma vedação com uma altura mínima de 1,2m e 2

portas metálicas com abertura para o exterior, em zonas opostas. A bacia possuirá uma rede de terras com uma resistência inferior a 20 Ohm.

- Válvulas de segurança dos reservatórios (2 por reservatório), cumprindo as normas de funcionamento indicadas no Artigo 10º da Portaria nº 568/2000 de 7 de Agosto.

- Sistema de vaporização de GNL, baseado em vaporização natural como meio principal e vaporização forçada como recurso. Está previsto que no caso de as condições de projeto pré-estabelecidas para a vaporização de GNL não sejam atingidas, está prevista a instalação de reaquecedores elétricos de forma a garantir essas condições. Os vaporizadores atmosféricos estarão equipados com válvula de segurança e válvulas de corte automático.

- Linhas para descarga, previstas com mangueiras flexíveis para interligação com o veículo-cisterna e um vaporizador local de descarga.

- Sistema de regulação e odorização, composto por uma cadeia de regulação da pressão de saída de gás para a rede interior e injeção de "THT" (gás odorante), assente sobre estrutura metálica.

- Sistema de controlo e supervisão, a ser instalado em nicho próprio na zona de implantação da UAG. Está previsto um Quadro de Alimentação e Controlo, com comunicação remota para sistema de telegestão. A alimentação deste quadro provirá

de um circuito socorrido e será instalada também uma UPS, de modo a garantir um tempo de atuação suficiente em caso de necessidade.

- Equipamentos de segurança, nomeadamente extintores de pó químico tipo ABC, na proporção de 10 kg por cada 1000 kg de produto.

- Outros equipamentos de segurança, tais como: sinalização de emergência, placas incombustíveis com indicação dos contatos de emergência, entre outros.

3. Rede interior de Gás Natural

Está prevista uma rede interior de distribuição de gás natural desde a UAG até aos consumidores, com troços enterrados e aéreos.
Serão sempre respeitadas as distâncias mínimas de segurança, em relação às restantes instalações.

A rede está prevista para funcionar a uma pressão de serviço de 2,5 bar, sendo que esta pressão será reduzida na chegada aos consumidores através de Postos de Redução.
Todas as tubagens deverão ser dimensionadas para uma velocidade de escoamento máxima de 15 m/s.

3.1. Coletor principal e ramais principais

Está prevista a instalação de um coletor principal de distribuição, à saída da UAG. O coletor incluirá válvulas de corte manuais e válvulas de corte automáticas para controlo remoto e possibilidade de corte de linha por segurança. Está previsto também na tubagem principal de alimentação ao coletor, um contador de gás principal, com corretor PTZ (pressão, temperatura e fator de compressibilidade). Da mesma forma, cada uma das saídas principais possuirá contadores parciais igualmente com corretor e que possuirão as seguintes caraterísticas principais:

- Unidade de medida do tipo Turbina com transmissão de caudal acumulado para o PLC. A instalação deverá possuir troços retos de 10xDN a montante e 5xDN a jusante;
- Válvulas de seccionamento a montante e a jusante da unidade de medida;
- Instalação de Corretor de volume (pressão, temperatura e fator de compressibilidade);
- “By-pass” com válvulas de seccionamento;
- O contador deverá ser do tipo “turbina” incluindo certificados de calibração por laboratório acreditado.

3.2. Rede interior enterrada

Para a distribuição a cada um dos pontos de consumo, prevê-se a utilização de tubagem e acessórios enterrados desde a bacia de retenção da UAG até áreas próximas dos consumidores, de diâmetro que deverá ser o adequado ao caudal de emissão de GN e de

acordo com a NP EN-1555. A tubagem de polietileno cumprirá ainda com os requisitos de acordo com o Artigo 16º da Portaria 386/94, devendo ser utilizados tubos com espessura nominal não inferior à definida na série SDR 11 para diâmetros até 110mm e SDR 17 a partir de 110mm, considerando resina do tipo PE100.

As ligações a executar na rede de distribuição deverão ser realizadas por eletrossoldadura. São permitidos os seguintes métodos de ligação entre extremidades de tubos, na construção de redes de distribuição:

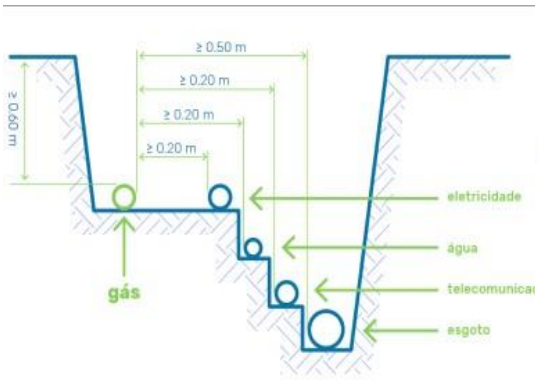
- Uniões electro soldáveis, nos tubos de diâmetro nominal inferior a 160 mm;
- Soldadura topo a topo, para diâmetros iguais ou superiores a 160 mm.

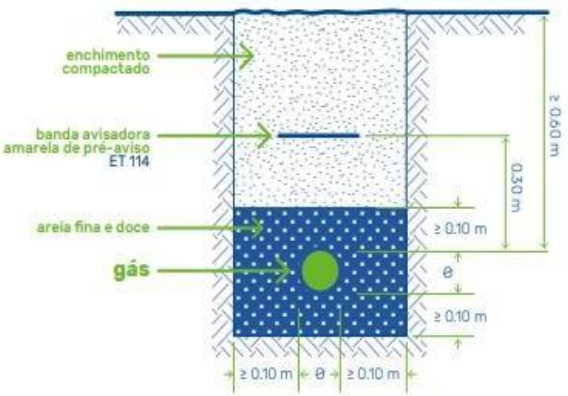
Não são permitidas ligações roscadas (Art. 20º da Portaria 386/94 de 16 de Junho).

As tubagens enterradas no solo deverão acompanhar o relevo do terreno, garantindo uma profundidade mínima de 800 mm em relação à cota de pavimento acabado, com exceção do atravessamento do arruamento onde esta distância será aumentada para 1 000 mm.

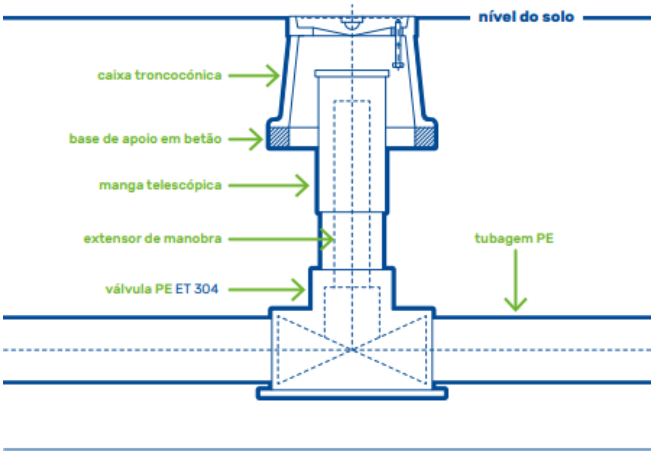
A conduta de gás ficará envolvida em todas as direções por uma camada de areia de rio com uma espessura não inferior a 100 mm.

A proteção mecânica, apenas será necessária nas zonas em que a tubagem atravessa vias de circulação ou acessos de veículos aos imóveis.





As caixas tronco cónicas estão previstas instalar nos pontos de mudança de direção da rede enterrada em polietileno, onde existirão pontos de soldadura.



Serão instaladas juntas dielétricas para isolamento elétrico entre os troços enterrados e os troços aéreos da tubagem.

3.3. Rede interior aérea

A rede aérea será executada em aço carbono de acordo com a NP EN-10208. A tubagem de aço carbono a instalar na rede interior de gás deverá ser produzida em conformidade com o disposto na norma API 5L. Os materiais usados no fabrico dos acessórios e juntas devem satisfazer os mesmos requisitos de qualidade e segurança exigidos para as tubagens nas quais são aplicados. A classe mínima de resistência à pressão será: PN16.

As soldaduras serão controladas a 100% por exames radiográficos ou ultrassons. A interpretação dos resultados deverá ser efetuada por técnico certificado.

Nos casos de entrada da rede no interior de edifícios, existirá uma válvula de corte automática, que será acionada no caso de deteção de gás.

3.4. Ligações aos equipamentos de consumo

Para ligação aos equipamentos de queima serão instalados Postos de Redução para redução e rampas de regulação a serem definidas em função das pressões de operação dos equipamentos respetivos e que incluirão no mínimo:

- Válvulas de corte;
- Válvulas de escape;
- Válvula de regulação de pressão;
- Filtro;
- Manómetros.

ANEXO D – Solar Fotovoltaico - Unidade de Produção para Autoconsumo

1. Unidade de Produção para Autoconsumo (UPACs)

No estudo das UPACs foram considerados os dois cenários, Opção A e Opção B. Embora tenham localizações distintas, verificou-se que ambas as Opções são equivalentes do ponto de vista das UPACs instaladas nas coberturas dos edifícios, uma vez que as áreas das coberturas são idênticas e as suas orientações não apresentam diferenças significativas.

A principal diferença entre as Opções reside na menor área de estacionamento na Opção B, o que resulta numa UPAC de menores dimensões.

Para os edifícios e parques de estacionamento apresentados, prevê-se a instalação de UPACs, ao abrigo do Decreto-Lei n.º 162/2019, na sua atual redação, com as seguintes características gerais:

Designação	Potência Pico (kWp)	Nº Módulos	Produção Especifica Prevista (kWh/kWp)	Produção Anual Prevista (kW/ano)	CO2 evitado (ton/ano)
Edifício das Competências	59,4	110	1341	79,7	16
Edificio de Pessoal	95	176	1341	127,4	25
Edificio da Administração	178,2	330	1341	239,0	48
Centro Médico	38,9	72	1341	52,2	10
Edificio de Pessoal (Boca da Mina)	58,3	108	1341	78,2	16
Estacionamento (Boca da Mina)	40,5	75	1321	53,5	11
Estacionamento CAM (Alternativa A)	1363,5	2525	1206	1644,4	329
Estacionamento CAM (Alternativa B)	440,1	815	1327	584,0	117
Total Alternativa A	1833,8	3396	1240	2273,9	**455**
Total Alternativa B	910,4	1686	1333	1213,6	**243**

As UPACs caracterizadas deverão apresentar os seguintes equipamentos principais:

- Módulos fotovoltaicos monocristalinos de 540 Wp;
- Inversores de string homologados pela DGEG;
- Estruturas metálicas em alumínio, para aplicação complanar nas coberturas dos

edifícios e em Carport nos parques de estacionamento;

- Infraestrutura elétrica DC e AC de acordo com as normas vigentes;
- Equipamento de interligação da central em BT no QG da instalação de consumo.

Para o estudo da solução de solar fotovoltaico apresentada tomaram-se como pressupostos os seguintes pontos:

- Cobertura dos edifícios em chapa simples e fixação das estruturas metálicas de suporte dos módulos às coberturas por rebite
- Instalação dos módulos de forma coplanar com as coberturas
- Edifícios com platibanda até 0.5m
- Coberturas dos edifícios orientadas a -24° Sul e com inclinação de 10°
- Árvores e elementos envolventes que provoquem sombreamento não existentes
- Interligação das UPACs nos quadros elétricos parciais nos edifícios das coberturas utilizadas

A implantação prevista dos módulos em cada um dos edifícios e parques de estacionamento terá a seguinte disposição:

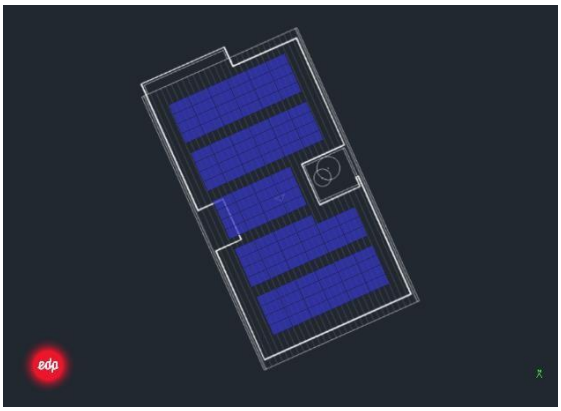


Figura 297 - Implantação no Edifício de Competências

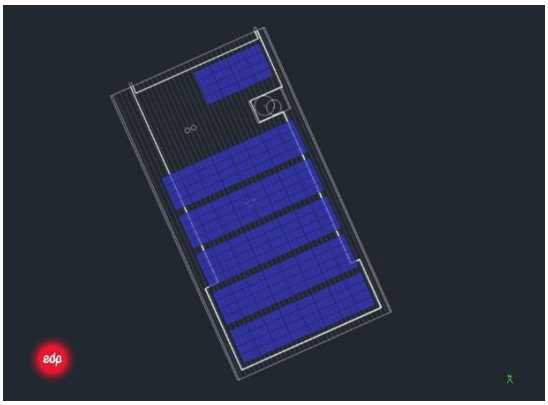


Figura 298 - Implantação no Edifício de Pessoal

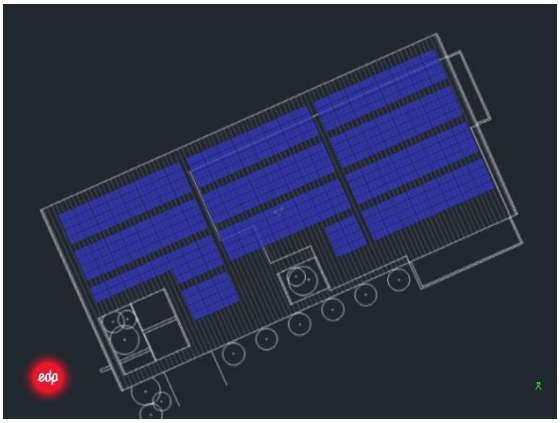


Figura 299 - Implantação no Edifício da Administração

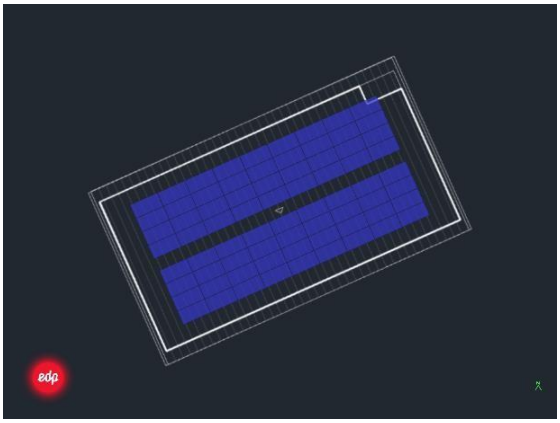


Figura 300 - Implantação no Edifício do Centro Médico

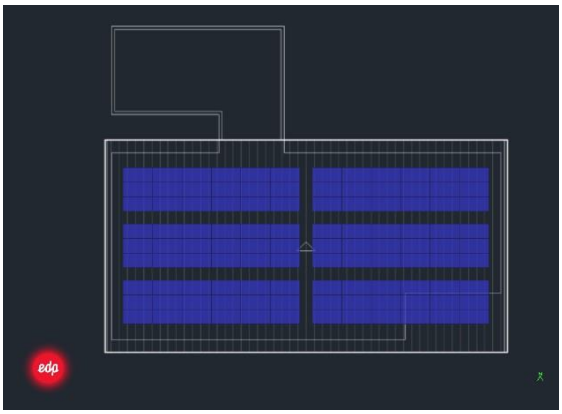


Figura 301 - Implantação no Edifício de Pessoal (Boca da Mina)

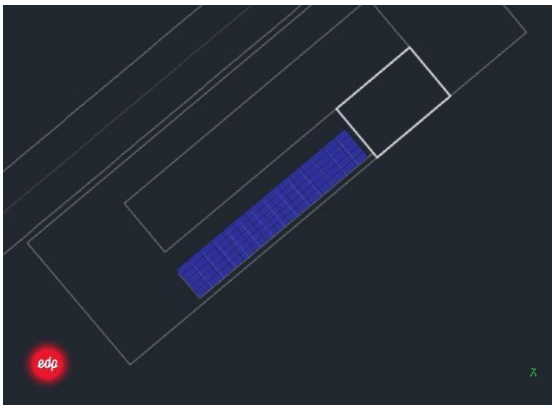


Figura 302 - Implantação no Parque de Estacionamento Boca da Mina

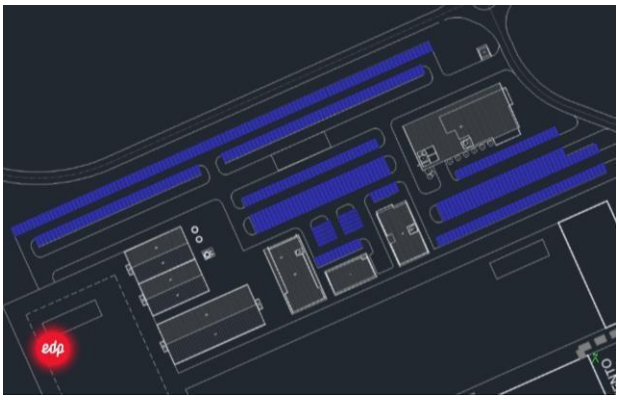


Figura 303 - Implantação no Parque de Estacionamento Principal (Opção A)

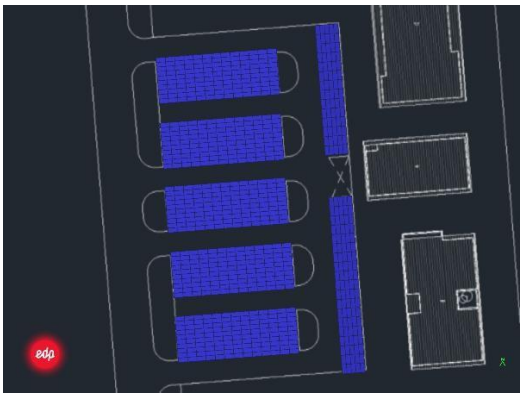


Figura 304 - Implantação no Parque de Estacionamento Principal (Opção B)

2. Regulamentação dos Trabalhos

Os Trabalhos previstos serão executados em rigoroso cumprimento da legislação e da regulamentação aplicável em cada momento à execução dos Trabalhos, nomeadamente:

- Decreto-Lei n.º 153/2014, na sua atual redação;
- Portaria n.º 14/2015;
- Esquemas tipo de UPACs com tecnologia solar fotovoltaica (CTE 64);
- Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (R.T.I.E.B.T.)
- /portaria n.º 949-A/2006;
- Regulamento da Rede de Distribuição, aprovado pela Portaria Nº 596/2010, de 30 de julho;
- Guia Técnico das Instalações de Produção Independente de Energia Elétrica, (DGEG).
- Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento (Decreto-Lei n.º 42895, de 31/03/60, alterado pelo Dec. Regulamentar n.º 14/77, de 18 de fevereiro);
- Norma CEI 529, 1989 – 1 – índices de proteção dos invólucros dos equipamentos e materiais elétricos;
- Norma CEI 536, 1976 – Classificação dos equipamentos elétricos quanto à proteção contra choques elétricos, em caso de defeitos de isolamento;
- Norma EN 50110-1, 1996 – Trabalhos em instalações elétricas;
- Normas Portuguesas 1270, 1271 e 1272;
- Normas Portuguesas 2356-4, 2357;
- EN 60439-3 / EN 12464-1 / EN 12464-2;
- Eurocódigo 0 – Base do projeto de estruturas;
- Eurocódigo 1 – Ações em estruturas;
- Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão; Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço;
- Eurocódigo 4 – Projeto de estruturas mistas aço-betão;
- Eurocódigo 6 – Projeto de estruturas de alvenaria;
- Eurocódigo 9 – Projeto de estruturas de alumínio.

3. Comissionamento

Após a conclusão dos trabalhos, serão executadas todas as atividades destinadas a colocar em serviço a UPAC, segundo os procedimentos descritos no Decreto-Lei n.º 153/2014 na sua atual redação, os recomendados pelos fabricantes dos equipamentos fornecidos e os demais necessários para o bom funcionamento da UPAC.

De forma assegurar a emissão dos certificados de exploração e aprovação das proteções pelo ORD, será realizado os trabalhos de inspeção e comissionamento da central, em conformidade com a norma IEC 62446-1 e IEC 60364-6, que incluirão:

- Avaliação da produção de toda a UPAC de modo a confirmar a qualidade do projeto, construção e operação;
- Inspeção visual, de modo a confirmar a qualidade dos materiais e da construção, e para confirmar que a UPAC esta livre de defeitos que possam pôr em causa a sua operação (IEC 60364);
- Testes funcionais / ensaios (a IEC 60364-6) de modo a verificar o correto funcionamento da UPAC;
- Registo de responsável técnico que executará os ensaios, assim como a data e hora da realização dos mesmos;
- Registo fotográfico dos resultados, assim como registo das condições atmosféricas, temperatura e irradiação solar, verificada ao longo dos ensaios;
- Verificação da correta instalação de todos os componentes da UPAC;
- Testes de todos os circuitos AC;
- Teste a corrente curto circuito e tensão em circuito aberto por string para deteção de anomalias;
- Teste de polaridade;
- Resistência de isolamento do circuito DC;
- Verificação da continuidade da proteção à terra, e/ou ligações equipotenciais, incluindo medição de resistência de terras do sistema;
- Termografias aos principais componentes.

4. Inversores

- Os modelos incluirão descarregadores de sobretensão, do lado DC e AC;
- Projetados para serem integrados em sistemas com uma tensão de serviço de até 1000 VDC;
- Tensão de saída: 400VAC;
- IP65 de acordo com a norma IEC 60529;
- Modelos homologados pela DGEG.

5. Cablagem e Caminhos de Cabos

5.1. Fornecimento e instalação de Cablagem DC

- "Cabo Solar" harmonizado H1Z2Z2 K, em Cobre, com pelo menos 6mm2;
- Tensão nominal de 1500 Vdc;
- Isolação e bainha exterior compostas por poliolefina reticulada, com baixa opacidade de fumos libertados, isentam de halogéneos e com resistência a radiação UV;
- Os isolamentos dos condutores DC deverão sempre distinguir a sua polaridade, pelo que deverão ter as seguintes cores: Positivo – Vermelho; Negativo – Preto.

5.2. Fornecimento e instalação de Cablagem AC

- No Interior de edifícios: Cabos em alumínio ou cobre do tipo não propagador de fogo e sem halogéneos, XZ1 ou LXZ1 (frt, zh);
- No exterior de edifícios: Cabos em alumínio ou cobre, XV ou LXV.

5.3. Características da Cablagem

- Toda a cablagem deve ser dimensionada de forma a garantir uma queda de tensão não superior a 3%. A referida queda de tensão deverá ser avaliada globalmente, sendo por isso medido o acumulado desde a saída dos inversores até à ligação com o quadro do cliente;
- Todos os cabos são homologados.

5.4. Caminho de cabos AC e DC

- No exterior: com tampa, aramada, com certificado de resistência à radiação UV e intempérie;
- No interior: aramada ou perfilada, sem tampa;
- Selagem corta-fogo nos locais exigidos pela legislação em vigor.

6. Sistema de Rede de Terras

A equipotencialização de todos os componentes do sistema fotovoltaico deverá ser realizada com os seguintes requisitos:

- Os módulos devem ser equipotencializados com cabo continuo isolado de cor verde e amarelo, com uma secção transversal mínima de 6 mm2;
- Todos os caminhos de cabos metálicos devem ser percorridos por um cabo de cobre nu com uma secção transversal mínima de 16 mm2;
- Os inversores deverão ter a carcaça exterior ligada por cabo verde e amarelo de 16mm2;
- Todas as terras devem ser agrupadas numa barra coletora junto aos QGPV, e encaminhadas à terra geral da instalação.

As massas metálicas não ativas de todos os equipamentos devem estar equipotencialmente ligados à rede de terra. Os equipamentos devem estar ligados a uma barra coletora de terra principal.

Todas as ligações da rede de terras devem ser feitas de acordo com as especificações dos fabricantes. As estruturas metálicas devem ser ligadas à terra através de condutores dimensionados para a máxima corrente de defeito passível de ocorrer no ponto em questão.

O valor da resistência da rede de terras deve cumprir 1 Ω em caso de terra única ou 20 Ω em caso de ligação à terra da instalação.

7. Quadros e Proteções

Fornecimento e instalação dos Quadros PV AC (Parciais e/ou Geral) com:

- Descarregadores de sobretensão do tipo II, instalados em todos os quadros aos quais sejam interligados diretamente inversores;
- Disjuntores e relés diferenciais em cada entrada de inversor. Os diferenciais deverão ser sempre, pelo menos, do tipo B e os disjuntores de curva tipo C;
- Os equipamentos de proteção terão uma indicação local que permitirá identificar claramente um disparo por defeito;
- Nos aparelhos de corte montados no quadro, caso o funcionamento não possa ser diretamente observado pelo operador, deverá ser claramente indicada a posição de ligado ou desligado;
- Ventilação forçada, Resistência anti-condensação e termoestato;
- Proteção mecânica contra contactos acidentais às partes ativas;
- Botoneira de emergência no exterior, o mais próximo possível dos quadros;
- Barramento de terras a interligar à terra a realizar para o efeito;

Os Quadros PV AC deverão possuir uma placa ou identificação geral da qual deverão constar as seguintes identificações:

- Nome ou marca de fabrico do construtor;
- Designação do tipo ou número de identificação;
- Conformidade com IEC 61439-2;
- Natureza e frequência da corrente;
- Tensão nominal de serviço e de isolamento;
- Intensidade de corrente admissível em curto-circuito;
- Índice de Proteção (IP e IK);
- Regime de neutro

Todos os quadros e contadores deverão estar homologados e ter índice de proteção igual ou superior a IP65, caso colocados no exterior.

Os equipamentos deverão estar em conformidade com as correntes de curto circuito da instalação onde serão instalados, conforme especificado.

8. Dispositivos de proteção da interligação com a RESP

8.1. Fornecimento dos dispositivos de proteção da interligação com a RESP

Será instalado um relé de proteção de interligação do tipo multifunções, que atua diretamente no(s) disjuntor(es) de interligação na(s) sua(s) bobine(s) de mínima tensão e na(s) bobine(s) de emissão do disjuntor associado e cujas principais funções de proteção estão descritas abaixo:

- Máximo de intensidade de corrente de fase (50/51);
- Máximo de intensidade de corrente de terra ou neutro (50N/51N);
- Máximo de tensão (59);
- Máximo de tensão residual (59N);
- Mínimo de tensão (27);
- Máximo de tensão homopolar (59NH/NL);
- Máximo de frequência (81H);
- Mínimo de frequência (81L);
- Máximo de potência aparente (32S).

O relé de proteção de interligação está localizado num quadro de proteção de interligação (QPI) cujas tensão e correntes serão lidas na cela de contagem do cliente.

Existirá um enrolamento em cada um dos transformadores de medida, destinado ao relé de interligação, e no caso dos transformadores de tensão estará previsto um enrolamento em triângulo aberto dedicado exclusivamente à proteção de tensão homopolar, enrolamento que deverá incluir uma resistência de amortecimento e anti ferroressonância.

O relé instalado permitirá receber diversas informações, nomeadamente a posição do comutador de regime especial e estado do(s) disjuntor(es) de interligação. No caso da instalação se encontrar em Regime Especial de Exploração, as temporizações dos disparos deste relé serão anuladas e terão consequentemente disparos instantâneos, não permitindo o rearme automático da instalação. O relé de interligação contemplará ainda um disparo por Watchdog, salvaguardando o isolamento da instalação da rede de distribuição no caso de avaria interna da proteção.

O disjuntor de interligação conterá uma bobine de mínima tensão que fará abrir

imediatamente o disjuntor no caso desta perder a sua alimentação permanente, assim como bobines de fecho e abertura por emissão de tensão.

A proteção de interligação será regulada de acordo com os valores a indicar pelas Entidades devidas e ensaiados na sua presença.

A central deverá possuir um sistema de religação automática (SRA) que, em caso de abertura do disjuntor por causas externas à central, e nas condições definidas nas Condições de Ligação da EDP, permita a religação do(s) disjuntor(es) de interligação, bem como a reposição completa da operação da central.

A instalação elétrica da central fotovoltaica deverá prever um comutador de regime especial de exploração que assim que ativado, inibirá a temporização das funções de proteção do relé de interligação e impedirá o rearme automático da instalação, prestando segurança adicional a qualquer manutenção nas linhas de transporte de energia.

Além do acima referido, os trabalhos incluirão:

- UPS para o Relé e Datamanager;
- Fornecimento e instalação dos transformadores de tensão e de corrente (triplo enrolamento) de 15 kV na cela de contagem do cliente.
- Cabos para alimentação e comando dos disjuntores de interligação, aquisição de valores de tensão e corrente;
- Trabalhos de calibração e comissionamento da referida proteção, com presença do ORD;
- Restantes equipamentos que cumpram com o disposto no DL 153/2014 na sua redação atual;
- Quadro dedicado para a proteção de interligação;
- Fornecimento e instalação de cabo de dados (fibra ótica) entre o QPI e os QPPVS.

8.2. Instalação dos dispositivos de proteção da interligação com a RESP

De acordo com o estipulado no guia de medição, leitura e disponibilização de dados do ORD.

Os trabalhos que envolvam o corte geral de energia da instalação de consumo serão acordados com a EDP Comercial e de acordo com a disponibilidade do Cliente, podendo haver a necessidade de os realizar ao fim-de-semana.

9. Regime de proteções, outros trabalhos e acessórios

Fornecimento e instalação do Regime de proteção de pessoas:

- Contra contactos diretos: Constituída por barreiras físicas devidamente apropriadas;
- Contra contactos indiretos: Aparelho de corte omnipolar sensível às correntes diferenciais residuais de 1 A.

Equipotencialização de todas as massas metálicas instaladas, como sendo as molduras metálicas dos módulos, inversores, estruturas metálicas, esteiras, quadros, etc.

- Para o caso particular dos módulos, não podem ser feitos novos orifícios para este efeito, pelo que deverão ser utilizados os orifícios existentes de fabrico para o efeito ou acessórios próprios que não impliquem orifício.

A ligação à terra de todas estas massas deverá ser feita através do barramento de terras do QGPV ou através de elétrodos de terras dedicados a instalar no local.

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO VI – ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

ENTIDADE PROMOTORA: LUSORECURSOS PORTUGAL LITHIUM, S.A.
PARCEIRO TECNOLÓGICO: ECOFIRMA

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

VI. ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO 545
1. Introdução 545
1.1. Objetivos 545
2. Recursos Hídricos Subterrâneos 548
2.1. Identificação e Caracterização das Massas de Água 548
2.2. Avaliação de Impactes – Recursos Hídricos subterrâneos 562
3. Recursos Hídricos Superficiais 565
3.1. Identificação e Caracterização das Massas de Água 565
3.2. Usos e Pressões nas Massas de Água de Superfície 587
3.3. Avaliação de Impactes – Recursos Hídricos Superficiais 592
4. Necessidades Hídricas da Mina do "Romano" e do CAM 597
4.1. Introdução 597
4.2. Caracterização Qualitativa das Necessidades de Água do Complexo 597
4.3. Caracterização Quantitativa das Necessidades de Água do Complexo 598
5. Origens da Água para suprimento das necessidades hídricas da Mina do "Romano" e do CAM601
5.1. Introdução 601
5.2. Análise discreta das principais origens possíveis 601
6. Balanço Hídrico das necessidades de Água 614
6.1. Introdução 614
6.2. Princípios Base da Utilização das Diversas Origens de Água 615
6.3. Balanço Hídrico das Necessidades de Água da Mina do "Romano" 616
6.4. Conclusão 618
7. Produção de Águas efluentes na Mina do "Romano" e no CAM 619
7.1. Introdução 619
7.2. Caracterização da Produção de Águas Efluentes Contaminadas 620
8. Sistemas de tratamento de Águas na Mina do "Romano" e no CAM 630
8.1. Introdução 630
8.2. Estruturas de tratamento de Águas 630
8.3. Sistemas de Descarga no Meio Hídrico 653
8.4. Listagem dos reagentes a utilizar no tratamento de água e de águas residuais 654
9. Descrição das Redes de Drenagem e Abastecimento de Água 662
9.1. Introdução 662
9.2. Rede de drenagem de águas pluviais 663
9.3. Rede de drenagem de águas residuais domésticas 665
9.4. Rede de drenagem de águas residuais industriais 666

9.5. Rede de drenagem de águas residuais industriais do Concentrador 667
9.6. Rede de abastecimento de água potável 667
9.7. Rede de abastecimento de água industrial 669
9.8. Rede combate a incêndio 671
10. Conclusão 672
Referências Bibliográficas 674

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 305 – Áreas de intervenção do complexo mineiro / industrial do Romano 546
Figura 306 – Enquadramento geológico regional do Norte de Portugal 548
Figura 307 – Unidades hidrogeológicas locais: adaptação da cartografia geológica à escala 1: 50 000..... 555
Figura 308 – Área envolvente e locais potencialmente mais vulneráveis em termos aquíferos. Os sentidos preferenciais dos escoamentos hipodérmicos sub-superficiais, inferidos a partir das características topográficas e de drenagem locais, são indicados. 556
Figura 309 – Área Inventário cartográfico de pontos de água..... 561
Figura 310 – Enquadramento regional das bacias do Beça, Tâmega e Douro no território nacional, com representação da localização da área do projeto..... 566
Figura 311 – Imagem a 3D da bacia do Beça com representação da localização da área do projeto..... 567
Figura 312 – Classes de altitude da bacia do Beça com representação da localização da área do projeto..... 568
Figura 313 – Classes de declive da bacia do Beça com representação da localização da área do projeto..... 568
Figura 314 – Representação de 3 perfis de altimetria da bacia do Beça, onde o perfil mais a montante atravessa a área do projeto..... 569
Figura 315 – Representação da bacia do Beça e das estações meteorológicas selecionadas.. 571
Figura 316 – Precipitação mensal média nas estações meteorológicas selecionadas e estimativa na BH do Beça pelos polígonos de Thiessen 572
Figura 317 – Localização das 3 estações hidrométricas na bacia do Beça mais a da Albufeira do Alto Rabagão e enquadramento com a área do projeto 574
Figura 318 – Caudais médios diários nas estações hidrométricas Vale Giestoso e Cunhas 575
Figura 319 – Variabilidade mensal do caudal médio diário na estação Cunhas 575
Figura 320 – Escoamento mensal acumulado nas estações hidrométricas selecionadas 576
Figura 321 – Representação da bacia do Beça e das estações meteorológicas selecionadas.. 578
Figura 322 – Precipitação mensal média nas estações meteorológicas selecionadas e estimativa na BH do Beça pelos polígonos de Thiessen 579
Figura 323 – Ilustração dos aproveitamentos hidroelétricos instalados nas Bacia hidrográfica do rio Cávado e respetivas interações entre sub-bacias (fonte: Gonçalves, 2015) 581
Figura 324 – Localização da estação hidrométrica Albufeira do Alto Rabagão na bacia do Rabagão e enquadramento com a área do projeto 582
Figura 325 – Série temporal volume armazenado de água na albufeira do Alto Rabagão relativamente à máxima capacidade (fonte: SNIRH) 582
Figura 326 - Séries temporais dos caudais afluentes e efluentes da albufeira do Alto Rabagão (fonte: SNIRH)..... 583
Figura 327 - Variabilidade mensal do caudal médio diário efluente na Albufeira do Alto Rabagão..... 583
Figura 328 – Escoamento mensal acumulado nas estações hidrométricas selecionadas 584
Figura 329 – Representação das bacias das ribeiras que intersectam a área do projeto..... 586
Figura 330 – Extrato da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) para 2018 da Direção-Geral do Território (DGT) para a bacia do Beça e localização da área do projeto 588
Figura 331 – Série temporal dos consumos mensais de água para a produção de energia e consumos médios mensais para a produção de energia 591
Figura 332 – Série temporal dos consumos mensais de água para usos diversos..... 591

Figura 333 – Resultados dos caudais ecológicos para os pontos Moinho do Inferno e Carvalhosa 596
Figura 334 – Vista da albufeira do Alto Rabagão 602
Figura 335 – Aspeto da execução de uma perfuração para exploração de águas subterrâneas 603
Figura 336 – Aspeto da coleta de águas pluviais a partir de uma área impermeabilizada..... 604
Figura 337 – Aspeto da ETA do Alto Rabagão 610
Figura 338 – Delimitação das Bacias drenantes da ribeira do Moinho do Inferno e da Carvalhosa e localização dos respetivos pontos de captação..... 612
Figura 339 – Exemplo de uma obra de entrada com gradagem, desarenamento e canal Parshall 631
Figura 340 – Exemplo de um reservatório ou bacia, a céu aberto com impermeabilização de telas de PVC..... 632
Figura 341 – Esquema do Sistema de Produção de Água Industrial da Mina do “Romano” 634
Figura 342 – Vista da ETAR preconizada para a Mina do “Romano”, a qual produz um efluente totalmente preparado para reutilização..... 639
Figura 343 – Vista de uma cisterna flexível para armazenar os efluentes gerados na ETAR do Romano, em situações de emergência 642
Figura 344 – Vista de um sistema compacto de coagulação / floculação capaz de tratar os efluentes gerados na ETARI do Romano (Retirado a partir de https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/coagulation-floculation/generalites) 647
Figura 345 – Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de https://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf) 649
Figura 346 – Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de https://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf) 651
Figura 347 – Esquema de princípio da rede de drenagem de águas pluviais - Solução A 665
Figura 348 – Esquema de princípio da rede de drenagem de águas pluviais - Solução B 665
Figura 349 – Esquema de princípio da rede de água potável - Solução A 668
Figura 350 – Esquema de princípio da rede de água potável - Solução B 669
Figura 351 – Esquema de princípio da rede de água industrial - Solução A 670
Figura 352 – Esquema de princípio da rede de água industrial - Solução B 670

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 8 - Produtividade hidrogeológica e aquífera de elementos rochosos com destaque ao tipo de formações hidrogeológicas regionais (A1, A2 e D1) (tabela publicada em [2], fonte da informação: [3]) 550
Tabela 9 - Caracterização hidráulica dos tipos de aquíferos com destaque ao tipo de formações hidrogeológicas regionais preponderantemente ocorrentes (A2 e D1) (tabela publicada em [2], fonte da informação: [4]) 551
Tabela 10 - Unidades hidrogeológicas locais, produtividades e grau de vulnerabilidade aquífera 557
Tabela 11 - Produtividades e profundidades de captação expectáveis 560
Tabela 12 - Parâmetros essenciais do balanço hídrico relativo à bacia do Tâmega 566
Tabela 13 - Alguns parâmetros geométricos da bacia do Beça 569
Tabela 14 - Parâmetros de localização e estatísticos básicos da precipitação mensal das nove estações selecionadas 572
Tabela 15 - Caudais médio diário (m3/s) nas estações hidrométricas Vale Giestoso e Cunhas 575
Tabela 16 - Parâmetros de localização e de escoamento mensal nas estações hidrométricas selecionadas 576
Tabela 17 - Escoamento anual médio (dam3) nas estações hidrométricas Vale Giestoso e Cunhas 576
Tabela 18 - Parâmetros de localização e estatísticos básicos da precipitação mensal das nove estações selecionadas 578
Tabela 19 - Características da albufeira do Alto Rabagão e respetiva bacia 580
Tabela 20 - Estatísticos básicos dos caudais afluente e efluente médio diários na estação hidrométrica Albufeira do Alto Rabagão 584
Tabela 21 - Parâmetros de localização e de afluente mensal para a Albufeira do Alto Rabagão 584
Tabela 22 - Volume de afluente anual médio (dam3) na estação Albufeira do Alto Rabagão (R.E.) (03J/03A) 585
Tabela 23 - Listagem dos parâmetros das bacias das ribeiras que intersectam a área do projeto 586
Tabela 24 - Área de cada classe de uso do solo na bacia do Beça 588
Tabela 25 - Listagem de freguesias com as designações de 2011, concelhos e respetiva área e número de habitantes segundo o Censos de 2011 589
Tabela 26 - Percentagem de dias para avaliação do caudal ecológico para cada mês 595
Tabela 27 - Resultados dos caudais ecológicos obtidos para os pontos VALE GIESTOSO, Moinho do Inferno e Carvalhosa com o método do INAG 595
Tabela 28 - Quadro síntese das necessidades/Reutilização hídricas do complexo mineiro e dos seus anexos 600
Tabela 29 - Quadro com os caudais médios diários por unidade de área (Qua) (convertido em m3 / dia.m^2) 605
Tabela 30 - Quadro com os caudais médios mensais a coletar nas áreas impermeabilizadas (QPROJ em m3/dia.m2), obtidos a partir dos valores médios mensais da média dos caudais observados nas sub – bacias de Cunhas e de Vale Giestoso (Q REAL em m3/dia.m^2) 606
Tabela 31 - Listagem das principais infraestruturas e respetivas áreas impermeabilizadas no Complexo Mineiro do Romano 608
Tabela 32 - Quadro com os volumes a coletar, VCOL, por cada área impermeável (m3 / dia), considerando o valor de deflúvio e um fator de correção de 15% 609

Tabela 33 - Quadro com os volumes a coletar no Moinho do Inferno e na Carvalhosa, em valores médios 613
Tabela 34 - Quadro síntese das origens hídricas consideradas VIÁVEIS para fornecer a Água Bruta /AB) e a Água Potável (AP) ao complexo mineiro e aos seus anexos 613
Tabela 35 - Quadro com o BALANÇO HÍDRICO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA BRUTA E DE ÁGUA POTÁVEL DA MINA DO "ROMANO" E RESPETIVAS ORIGENS DE FORNECIMENTO (Ver legenda abaixo da tabela) 617
Tabela 36 - Quadro com as principais tipologias de águas efluentes da MINA DO "ROMANO" e do CAM 620
Tabela 37 - Quadro com os principais valores previstos para os parâmetros de entrada na ETAR do Romano. (Fonte: Metcalf & EDDIE, in: Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. INTERNATIONAL EDITION, 1991. P 83, P.1084.) 621
Tabela 38 - Quadro com os principais valores previstos para os parâmetros de entrada na ETARI do Romano 624
Tabela 39 - Quadro com os volumes de efluentes produzidos, VCOL, por cada área impermeável (m3 / dia), PROVENIENTES DA ZONA MINEIRA e DAS ZONAS IMPERMEABILIZADAS 628
Tabela 40 - Parâmetros de produção e funcionamento da ETAI da Mina do "Romano" 634
Tabela 41 - Valores previstos para os parâmetros de entrada da água bruta. (Fonte: Metcalf & EDDIE, in: Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. INTERNATIONAL EDITION, 1991. P 83, P.1084.) 635
Tabela 42 - Valores previstos para os parâmetros de saída da água industrial 635
Tabela 43 - Parâmetros de produção e funcionamento do SPAD da Mina do "Romano" 638
Tabela 44 - Valores previstos para os parâmetros de saída do SPAD 638
Tabela 45 - Valores previstos para os parâmetros de saída do sistema BLUECON. 641
Tabela 46 - Reagentes Consumidos nos Sistemas de Produção de Água 660

(Página intencionalmente deixada em branco)

VI. ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

1. Introdução

1.1. Objetivos

Relativamente às áreas de intervenção do complexo mineiro / industrial do Romano ilustradas na Figura 305, os objetivos do presente estudo são:

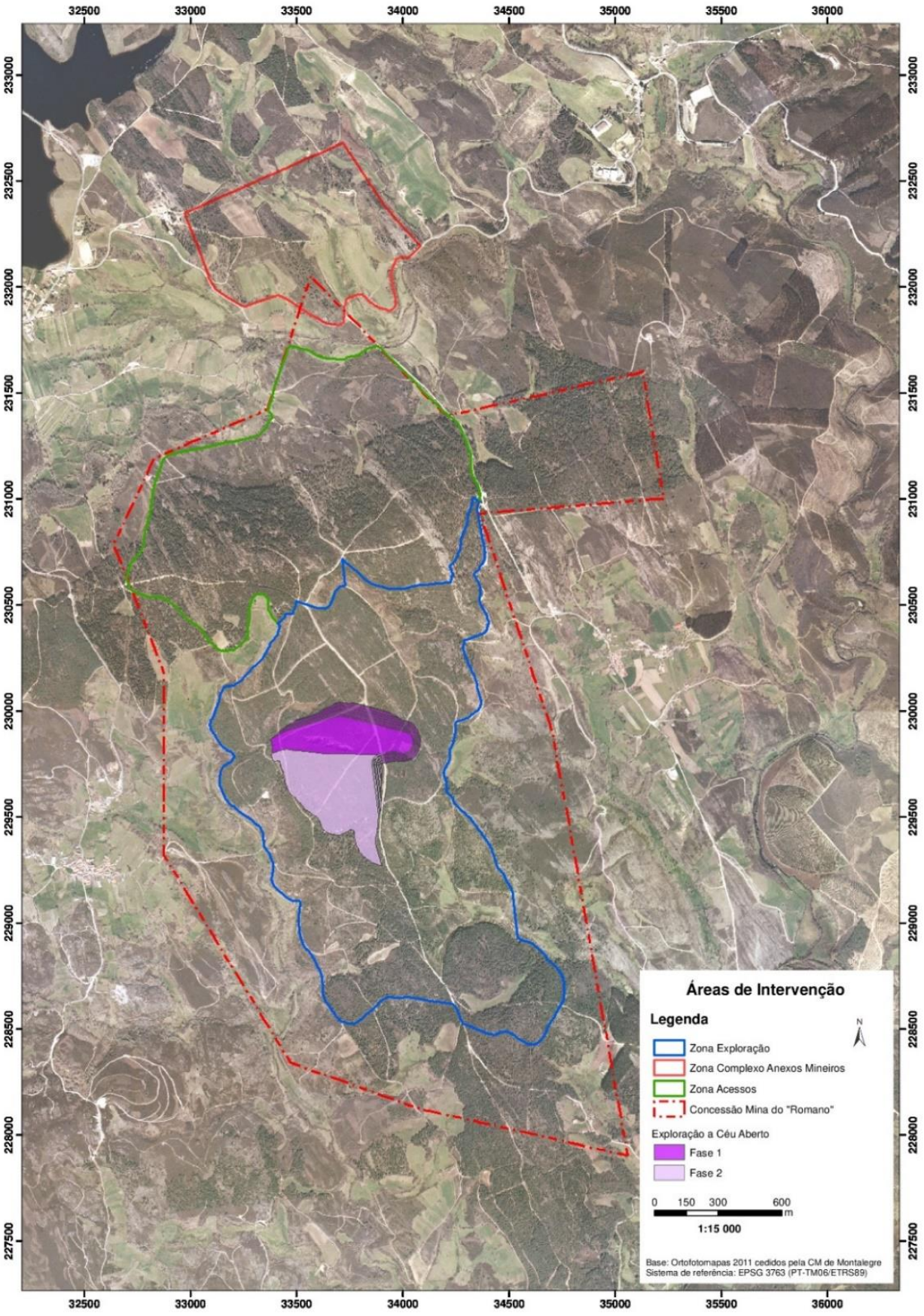


Figura 305 – Áreas de intervenção do complexo mineiro / industrial do Romano

- Caracterizar a situação de referência dos recursos hídricos de superfície, com recurso a uma análise qualitativa e quantitativa.
- Caracterizar a situação de referência dos recursos hídricos subterrâneos, com recurso a uma análise qualitativa e quantitativa.
- Realizar o balanço hídrico das necessidades de água que permitem o desenvolvimento do projeto do complexo mineiro e do respetivo anexo industrial.
- Propor, justificadamente, a localização das origens da água para utilização no referido complexo.
- Dimensionar, justificadamente e de forma sustentável, os diversos circuitos de captação, tratamento, circulação e restituição ao meio hídrico.
- Implantar no terreno as diversas infraestruturas de água dos diversos processos da Mina do "Romano" e do respetivo complexo.

2. Recursos Hídricos Subterrâneos

2.1. Identificação e Caracterização das Massas de Água

2.1.1. Caracterização dos estratos geológicos - Identificação das principais unidades hidrogeológicas e sua caracterização

Em termos regionais, a área em questão enquadra-se na designada região das bacias hidrográficas do Norte de Portugal (Minho, Lima, Cávado, Ave, Leça e Douro) [1], que se integram no Maciço Hespérico, o qual é constituído, essencialmente, por um substrato rochoso de idade paleozóica e pre-câmbrica. Esta região insere-se na Zona Centro-Ibérica (ZCI) e na Zona Galiza-Trás-os-Montes (ZGTM). A depressão tectónica de Régua-Verín ("FVR", Figura 306, fonte: [1]) estabelece uma grande compartimentação hidrogeológica [1]. A área em estudo inclui-se no sector a Oeste desta relevante estrutura geológica, onde as precipitações são relativamente elevadas (isoieta média dos 1000 mm), podendo atingir os 3000 mm na região do maciço Peneda-Gerês, o que evidencia uma elevada disponibilidade hídrica do meio e em termos das possíveis recargas aquíferas no meio subterrâneo.

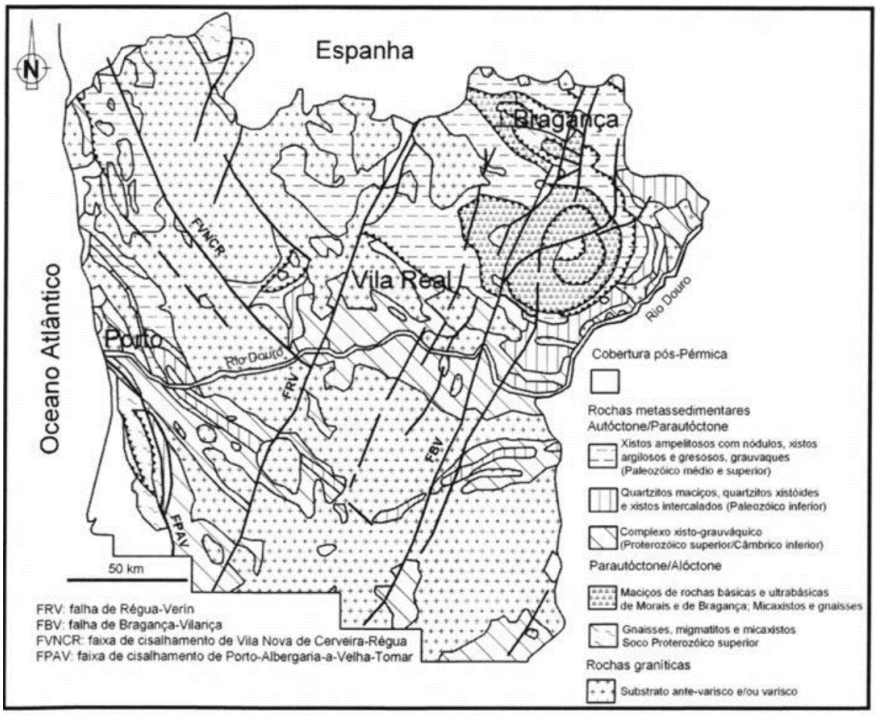


Figura 306 – Enquadramento geológico regional do Norte de Portugal

Fonte: versão muito simplificada de Oliveira et al., 1992, publicada em [1]

Em termos hidrogeoquímicos, as águas captadas são geralmente hipossalinas e tendencialmente mais mineralizadas nas rochas meta sedimentares comparativamente com as das rochas de natureza granitóide.

As principais unidades hidrogeológicas regionais são diretas herdeiras das grandes unidades geológicas ocorrentes e incluem: (1) depósitos de cobertura (dunas nas zonas costeiras, aluviões, terraços flúvio-marinhos e/ou conglomeráticos, cascalheiras de vertente e arcoses); (2) rochas metassedimentares (xistos, grauvaques, quartzo-filitos e quartzitos); (3) rochas graníticas (destacando-se os granitos de duas micas, de grão grosseiro a médio, por vezes porfiróides, os granitos biotíticos profiróides de grão grosseiro a fino, os granitos gnáissicos e migmatitos, (4) rochas básicas e filonianas (xistos anfibólicos, anfibolitos, rochas do complexo ofiolítico de Morais-Bragança).

Até à presente data, não foi possível associar às grandes estruturas tectónicas comportamentos hidrogeológicos específicos de carácter regional. Sabe-se, no entanto, que o comportamento destas estruturas à escala hidrogeológica local se revela essencialmente à escala métrica ou decamétrica [1]. As rochas cristalinas e cristalofílicas do Maciço Antigo apresentam habitualmente porosidade do tipo fissural correspondendo a sistemas hidrogeológicos localizados, descontínuos, de dimensões espaciais decamétricas a, quando muito, hectométricas estando-se longe da possibilidade de se poder atribuir a estes sistemas a classificação vinculativa de "aquífero" em virtude da baixa continuidade espacial dos reservatórios e dos fluxos subterrâneos [1]. Ainda assim, é de referir a existência de sistemas aquíferos mais bem definidos, maioritariamente porosos, em ligação hidráulica com as linhas de água superficiais que se encontram relacionados com a ocorrência de depósitos de cobertura. É igualmente de relevar que os efeitos de fracturação e o grau de alteração, bem como a presença de rochas filonianas, podem induzir localmente comportamentos drenantes ou efeitos de barreira consoante o tipo de matriz e novas fases minerais resultantes de efeitos de alteração. Estes efeitos locais fazem-se sentir tanto à superfície como poderão surgir nos maciços, a maiores profundidades, na direta dependência da ocorrência de certas estruturas geológicas.

Devido à baixa continuidade espacial existente em termos aquíferos, do ponto de vista produtivo, e com exceção de depósitos de cobertura de natureza aluvionar ou eluvionar, **é sempre de se esperar, para as demais litologias, a existência de caudais de produtividade baixos (1<Q<2 l/s) a muito baixos (Q<1 l/s), sendo estes últimos tipicamente característicos para rochas granitóides, xistos e grauvaques** [1]. Em termos regionais, e pelas razões indicadas, toda a área é considerada como de alto risco do ponto de vista da prospeção e mineração aquífera. De um modo geral, e em termos relativos, as áreas intersectadas por filões, pegmatitos e aplito-pegmatitos poderão apresentar maior produtividade localizada embora sempre dentro da classe de caudais baixos. Igualmente, a produtividade aquífera em

rochas de natureza metassedimentar tende a aumentar comparativamente com a produtividade em rochas granitóides. **Os caudais de exploração sustentados raramente ultrapassam 1 a 3 l/s por captação unitária, com profundidades de pesquisa bem-sucedidas até aos 150 metros, embora sejam conhecidas situações de captações para abastecimento público que poderão ir até aos 300 metros de profundidade** [1].

As baixas "capacidades de ingestão" destes maciços e as grandes variações laterais das condições de reservatório existentes, levam a que seja erróneo a sugestão ou apresentação de quantificações sem a devida sustentação em ensaios ou dados locais, o que extravasa o âmbito do presente Estudo. Em qualquer dos casos, face à literatura consultada e aos dados constantes na Carta Hidrogeológica de Portugal à escala 1:200 000, em termos regionais, é possível adiantar valores indicativos de produtividades moderadas, nas gamas de 1 a 3 l/s/km², a produtividades baixas, ou seja, na ordem dos 1 l/s/km².

Na Tabela 8 estão ilustradas as diferentes classes de produtividade, definidas com base na combinação da produtividade dos aquíferos e no regime de fluxo subterrâneo [2]. Neste contexto, Struckmeier & Margat (1995) sugerem a adoção de oito classes de produtividade (A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 e D2) conforme indicado na Tabela 9**. Em ambas as tabelas, destaca-se o contexto regional da área em estudo, sendo a classes A1 e A2 expectavelmente adaptáveis a depósitos de cobertura, para as situações de formações aluvionares ou eluvionares (A1 apenas aplicável em casos de maior dimensão), e A2 e D1 para áreas compostas por maciços fissurados como rochas granitóides ou metassedimentos.**

Tabela 8 - Produtividade hidrogeológica e aquífera de elementos rochosos com destaque ao tipo de formações hidrogeológicas regionais (A1, A2 e D1) (tabela publicada em [2], fonte da informação: [3])

Classes de Produtividade / Tipo de Aquífero	1. Produtividade elevada	2. Produtividade moderada	3. Produtividade geralmente baixa mas localmente moderada	4. Produtividade geralmente baixa
A. Aquíferos intergranulares não consolidados	A1	A2	X	X
A. Aquíferos fissurados	B1	B2	X	X
B. Aquíferos Cársicos	C2	C2	X	X
C. Formações de permeabilidade baixa	X	X	D1	D2

Tabela 9 - Caracterização hidráulica dos tipos de aquíferos com destaque ao tipo de formações hidrogeológicas regionais preponderantemente ocorrentes (A2 e D1) (tabela publicada em [2], fonte da informação: [4])

Tipo de aquífero	Transmissividade (m^2/d)	Permeabilidade (m/d)	Caudais (l/s)	Produtividade
A1, B1, C1	> 75	> 3	> 10	Alta: Caudais de interesse regional (abastecimento a cidades, irrigação, etc.).
A2, B2, C2	5 – 75	0.2 – 3	1 – 10	Moderada: Caudais para o abastecimento local (pequenos aglomerados, pequena irrigação, etc.).
D1	0.05 – 5	0.002 – 0,2	0.01 – 1	Em geral baixa, mas localmente alta: Caudais para pequenos abastecimentos locais (essencialmente consumo privado).
D2	< 0.05	< 0.002	< 0.01	Em geral baixa: caudais baixos que dificilmente asseguram abastecimentos locais.

2.1.2. Propriedades Hidrogeológicas Locais - Nível freático, produtividade, recarga de aquífero (balanço hídrico), direção de escoamento

De acordo com a Notícia Explicativa da Carta Geológica 1:50 000, Folha 6A (Montalegre), apesar dos abundantes recursos hídricos superficiais, **será baixo o contributo dos mesmos em termos de recarga aquífera em virtude da natureza pouco permeável das formações existentes e baixo grau de interconectividade aquífera. Valores de recarga entre os 5% e os 17% são referenciados para esta área. Mesmo nas situações em que o maciço apresente maior fracturação ou diaclasamento é de se esperar maior acumulações de água no maciço, mas apenas mais à superfície, uma vez que o grau de abertura de diaclases em fraturas tende a diminuir rapidamente com a profundidade.** Nas formações diretamente afetas pela área do projeto e sua envolvente imediata, não são de se esperar formações significativamente produtivas (Tabela 8), sendo que tal produtividade ocorrerá na direta dependência de áreas que, sub-superficialmente, se apresentem mais fraturadas e/ou diaclasadas e em zonas de falha, de contacto estrutural, de intersecção com filões ou pegmatitos, sempre que estas não apresentem preenchimentos impermeabilizantes significativos. Nestes casos concretos, poderá acontecer que ocorram localmente situações de muito alta transmissividade, mesmo a maiores profundidades (na magnitude das centenas de metros), que, ao serem intersectadas por trabalhos mineiros subterrâneos, podem culminar em sistemas de nascentes que podem inclusivamente apresentar altas produtividades e efeitos de alimentação por recarga superficial muito rápidos.

Os depósitos de vertente na área em que se enquadra o projeto são frequentes, mas, em virtude da sua má calibragem, e efeitos de descontinuidade espacial, não será igualmente de se esperar efeitos de reservatório muito significativos neste tipo de ocorrências.

Historicamente, a maioria dos aproveitamentos na área de Montalegre foram sendo realizados a partir do sistema aquífero hipodérmico, superficial, de alteração do maciço rochoso, e a partir de diversas nascentes, sendo muito baixo o registo de furos verticais. O muito reduzido número de furos mais profundos na área de influência do projeto não permite fazer juízos sobre eventuais recursos subterrâneos relacionados com águas de circulação mais profunda e sentidos de escoamentos em profundidade.

Seguindo a geologia à escala 1:50 000, folhas 6A e 6B, na área do projeto é de se esperar (Figura 307):

(1) Pequenos sistemas aquíferos livres, descontínuos, em depósitos de cobertura aluvionares de terraço (P);
(2) Sistemas aquíferos livres a semiconfinados com circulação de águas nas zonas alteradas superficiais dos maciços rochosos (hipodérmico) e nas suas áreas mais fissuradas (em granitos hercínicos γ_{Π} e xistos metamórficos Sz, xistos grafitosos Sl ou do complexo de xistos e granitos do silúrico Syz);
(3) Sistemas aquíferos semiconfinados a confinados com circulação de águas a maiores profundidades instaurados em filões de quartzo (q) ou de aplito-pegmatitos e pegmatitos graníticos (γ_p);
(4) Provável sistema aquífero hidromineral, confinado e profundo.

As principais unidades hidrogeológicas locais na área abrangida pelo projeto têm assim uma dependência direta com as unidades geológicas ocorrentes. Na Figura 307 apresenta-se o extrato da carta geológica à escala 1: 50 000 Folha 6B (Chaves) onde é igualmente possível observar as unidades hidrogeológicas descritas em (1), (2), (3) e (4). **Nesta Figura são igualmente sinalizadas as localidades situadas na envolvente imediata à área de implementação do projeto e que, por associação a um ou mais distintos critérios, serão as que representam maior sensibilidade e vulnerabilidade a possíveis futuros efeitos nos sistemas aquíferos e escoamentos sub-superficiais locais.** O estabelecimento destes locais mais sensíveis e de área de maior influência do projeto quanto ao descritor hidrogeologia, conforme constam na Figura 307 e Figura 308, teve em consideração:

a) Topografia e sentidos de drenagem dos escoamentos sub-superficiais mais desfavoráveis;

b) Falhas e acidentes tectónicos mais relevantes como zona de cisalhamento cartografada;
c) Contactos litológicos granito/ xisto;
d) Litologias de maior sensibilidade como aluviões, filões de quartzo, estruturas pegmatíticas e aplito-pegmatíticas identificadas;
e) Possível interferência com pontos hidrogeológicos sensíveis como nascentes mineromedicinais e antigas nascentes edificáveis na cartografia geológica 1:50 000.

Uma interpretação dos sentidos preferenciais dos escoamentos hipodérmicos sub-superficiais, apresenta-se na Figura 308. Esta interpretação é indicativa, uma vez que não existem registos sobre níveis de água para a área, devendo ser usada com as necessárias reservas em virtude do carácter expectavelmente descontínuo destes sistemas aquíferos mais superficiais.

Na área da concessão mineira, as atitudes estruturais das unidades geológicas xistentas, à escala 1:50 000, apresentam-se cartografadas com orientação preferencial SE-NW e pendores para SW (entre 40° a 70°). Estes pendores poderão induzir alguma maior tendência dos escoamentos sub-superficiais no seio de fácies xistentas no sentido de NE para SW fazendo com que, de entre os locais assinalados na Figura 307 e Figura 308, sejam mais sensíveis nesta perspetiva os que se situam no bloco Oeste compreendendo Morgade, Carvalhais e Vilarinho da Mó. De relevar, no entanto, que a orientação preferencial das estruturas filonianas pegmatíticas e aplito-pegmatíticas pretendidas explorar apresentam, no entanto, os seus pendores para NNE pelo que uma descrição mais efetiva de sentidos preferenciais dos escoamentos a nível sub-superficial e profundo carece da realização de um reconhecimento mais detalhado de natureza geológico-estrutural. Particular atenção deverá ser dada à zona de Morgade, por se situar na direção de uma relevante zona de falha/cisalhamento que apresenta estruturas filoniana com preenchimentos quartzíticos que são capacitados de uma mais alta capacidade condutiva dos escoamentos mesmo a maiores profundidades. Acresce ainda o facto de ocorrer nesta localidade uma mancha de depósitos de aluvião. Apesar de não ser expectável a existência de uma continuidade espacial significativa entre estas distintas unidades hidrogeológicas as mesmas carecem de adequada monitorização no futuro.

Relativamente ao aquífero hipodérmico sub-superficial é de referir que de um modo geral os solos da área se apresentarão muito pouco desenvolvidos, com pouca espessura, sobrepostos a uma matriz rochosa de características variáveis à superfície o que originará uma camada descontínua, com baixa capacidade de perpetuação de escoamentos a maiores distâncias. As

zonas de contacto entre micaxistos e pegmatitos, seja à superfície, seja em profundidade, serão preferenciais aos escoamentos e circulação localizada de águas.

É, portanto, de se esperar para a área em questão um modelo de escoamentos em profundidade descontínuo, pouco produtivo, mas que localmente, e principalmente na dependência de falhas sem preenchimentos e em zonas de contacto poderá ter muito altas produtividades. A ocorrência e intersecção com filões de quartzo também suscitará maiores probabilidades na ocorrência de escoamentos locais. Filões de quartzo, maiores densidades de fracturação, falhas não preenchidas e zonas de contacto constituirão as zonas de circulação preferencial.

É de referir igualmente expectáveis efeitos de barreira, em profundidade, que poderão surgir na direta dependência da intersecção com níveis de alteração argílica (ou argílica avançada, com zonas de falha ou fraturas que apresentem preenchimentos argilosos e área de maciço com muito baixas densidades de fraturação.

Por sua vez, a compartimentação regional micaxistos/granitos irá expectavelmente dificultar perpetuação dos escoamentos a maiores distâncias com exceção de zonas de contacto, contactos por falha e intersecções de lineamentos.

As características expectáveis em termos de produtividade e vulnerabilidade aquíferas de cada um dos sistemas hidrogeológicos identificados apresenta-se na

Tabela 10**.**

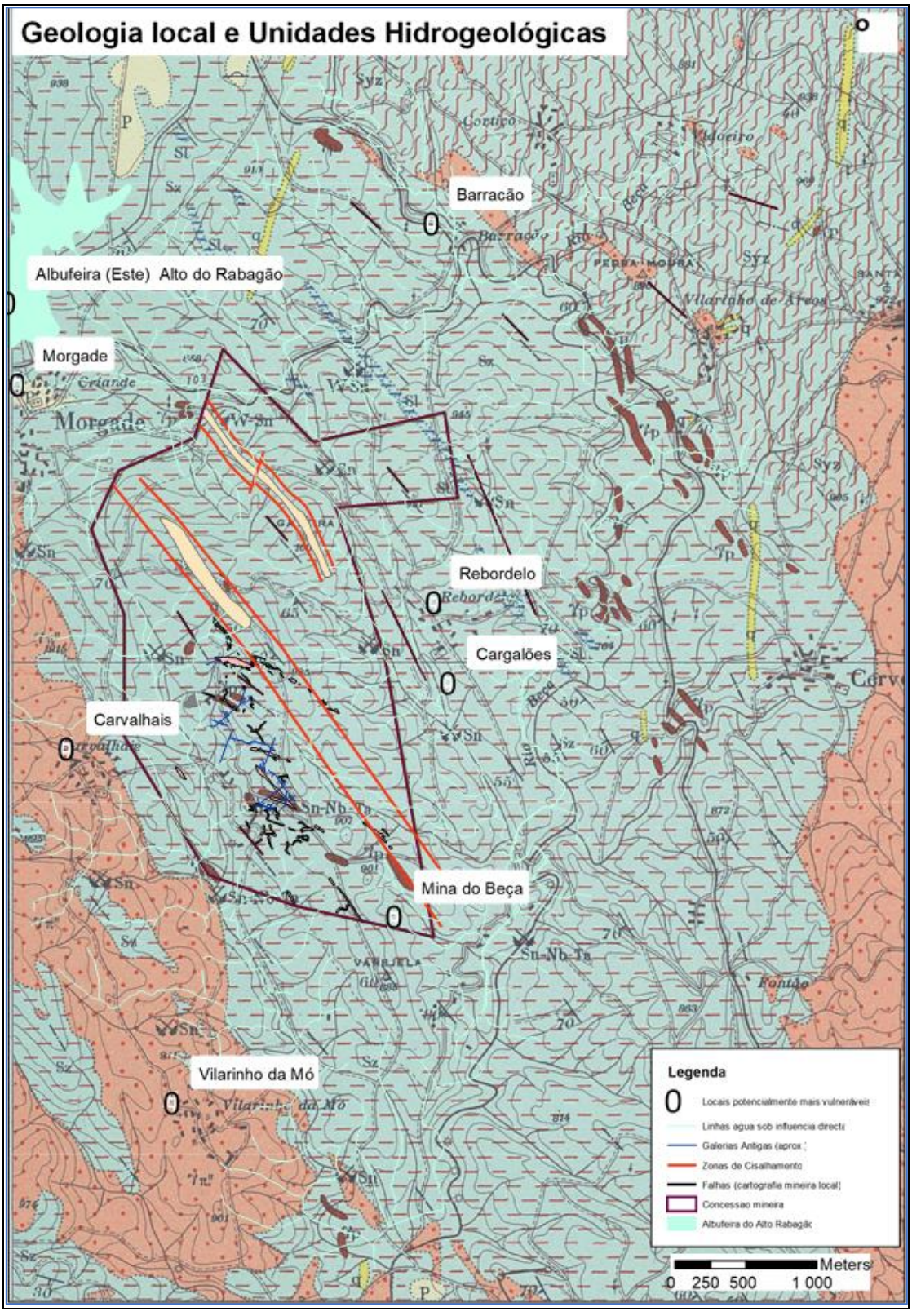


Figura 307 – Unidades hidrogeológicas locais: adaptação da cartografia geológica à escala 1: 50 000

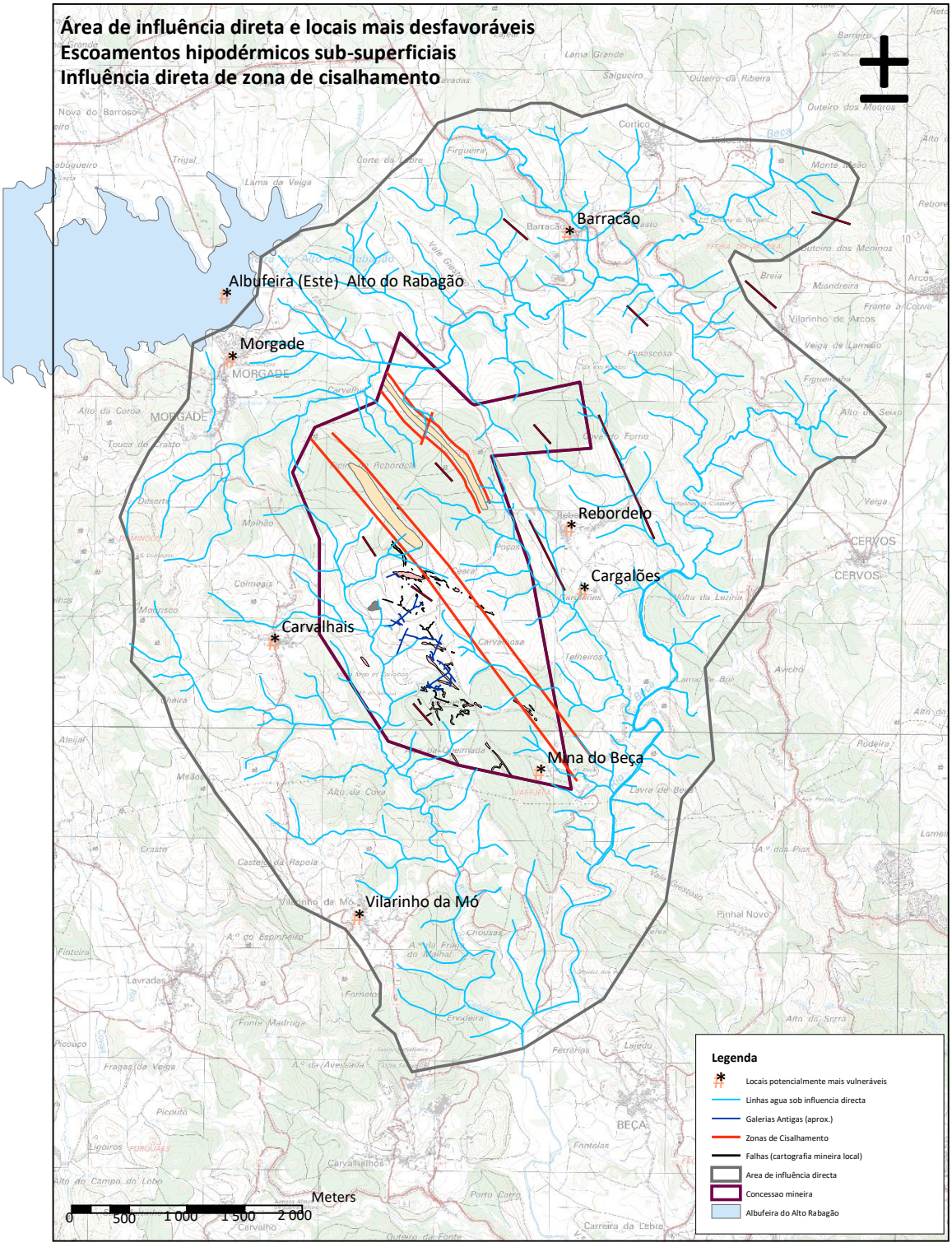


Figura 308 – Área envolvente e locais potencialmente mais vulneráveis em termos aquíferos. Os sentidos preferenciais dos escoamentos hipodérmicos sub-superficiais, inferidos a partir das características topográficas e de drenagem locais, são indicados.

Tabela 10 - Unidades hidrogeológicas locais, produtividades e grau de vulnerabilidade aquífera

Unidade Hidrogeológica	Depósitos de cobertura aluvionar	Aquíferos descontínuos hipodérmicos e fissurais sub-superficiais a pouco profundos	Sistemas localizados de circulação preferencial superficial a profunda	(Possível) Sistema hidromineral de circulação profunda
Geologia	Aluviões de terraço (P)	Granitos Hercínicos (γ_{Π}); Rochas do Silúrico: xistos metamórficos (Sz), xistos grafitosos (Sl) e complexo de xistos e granitos (Syz)	Filões de quartzo (q) Pegmatitos graníticos, aplito-pegmatitos (γ_p) Contactos e Lineamentos estruturais	Granitos fissurados Contactos granito/ xisto e outros, Lineamentos e intersecções estruturais
Permeabilidade	Primária/ porosidade	Secundária/ fissural	Secundária/ fissural	Secundária/ fissural
Produtividade	Moderada dispersa	Baixa dispersa	Moderada a muito alta Localizada	Alta a muito alta Localizada
Risco de insucesso associado a captações	Baixo a elevado	Elevado	Baixo a moderado	Baixo a moderado
Profundidades/ Explorabilidade	Até 5 metros (poços)	Até 5 metros - hipodérmico (poços) Até 100 metros - fissural (profundos)	Variável	Maior probabilidade de sucesso a partir dos 100 metros
Sustentabilidade de caudais	Pequena	Pequena	Moderado a elevado	Elevado
Vulnerabilidade aquífera	Elevada (devido a baixas espessuras)	Variável, Aquífero hipodérmico muito irregular e descontínuo com pouca expressão Alta em zonas de maior densidade de fracturação ou de intersecção com lineamentos estruturais ou outras estruturas tectónicas	Alta a moderada	Alta nas zonas de emergência Moderada na envolvente imediata quando haja intersecção com outras estruturas geológicas

2.1.3. Identificação e caracterização das zonas protegidas (Lei da água)

Nas disposições legais e regulamentares referentes a servidões administrativas e restrições de utilidade pública relativas aos recursos hídricos, estabelecidas no Regulamento do Plano Diretor Municipal de Montalegre (RPDMM), incluem-se, mesmo quando não se encontrem identificadas na Planta de Condicionantes: (i) Leitos e margens de cursos de água; (ii) Albufeiras de águas públicas; (iii) Zona reservada das albufeiras; (iv) Zona terrestre de proteção das albufeiras; (v) Zonas inundáveis.

Quanto às Áreas de Salvaguarda, conforme estabelecido nos art.º 60.º e 63.º do RPDMM, são

indicadas Áreas de Proteção dos Recursos Hidrominerais, correspondendo estas a locais de ocorrência comprovada de águas minerais naturais, mesmo que não se encontrem em exploração. Nestas áreas, não são permitidas quaisquer edificações ou intervenções que, pela sua natureza e dimensão, comprometam o futuro aproveitamento e exploração dos recursos existentes ou sejam passíveis de provocar contaminação dos aquíferos.

Devem igualmente ser consideradas, pela tipologia do projeto em causa, as seguintes orientações gerais com diretas implicações no domínio hídrico (anexo II.2 do RPDMM): (1) Condicionar drenagem; (2) Condicionar construção de barragens e açudes em zonas sensíveis; (3) Condicionar captações de água; (4) Condicionar intervenções nas margens e leito de linhas de água; (5) Interditar deposições de dragados ou outros aterros, e, (6) Regular o uso de açudes e charcas.

Na direta área de influência do projeto, a consulta da Planta de Condicionantes permite identificar as seguintes restrições (Folhas 20461-26, 20461-27, 20461-22 e 20461-23 em anexo):

1) Leitos e margens de cursos de água;
2) Albufeiras de águas públicas;
3) Limites da zona reservada das albufeiras;
4) Limites da zona terrestre de proteção das albufeiras;
5) Limites de zonas inundáveis.

Identificadores das imagens e respetivos endereços do sítio do SNIT diretamente aplicáveis (conforme o disposto no artigo 14.º da Portaria n.º 245/2011)

http://ssaigt.dgotdu.pt/i/Planta_de_condicionantes_20461_26.jpg

http://ssaigt.dgotdu.pt/i/Planta_de_condicionantes_20461_27.jpg

http://ssaigt.dgotdu.pt/i/Planta_de_condicionantes_20461_22.jpg

http://ssaigt.dgotdu.pt/i/Planta_de_condicionantes_20461_23.jpg

2.1.4. Usos e pressões nas massas de água subterrânea - Identificação de captações presentes na envolvente. Produtividades. Profundidades de captação.

São inúmeros os registos cartográficos existentes sobre nascentes e/ou minas de água na área e sua envolvente imediata (cerca de 68 identificados ao todo) sendo, no entanto, muito escasso o número de furos encontrados (2). Historicamente, nesta área a exploração dos recursos de água subterrâneos tem sido realizada no sistema muito superficial, hipodérmico, de alteração, em depósitos de vertente e depósitos aluvionares de terraço, sendo comuns as charcas/ poças, tanques de armazenamento de águas. Foi igualmente possível identificar um relativo número de poços (32). O inventário cartográfico realizado na área e que se apresenta na Figura 309 teve em conta informação cartográfica de distintas origens carecendo, no entanto, das necessárias averiguações nos respetivos locais. Alguns dos pontos de água indicados poderão estar desativados, aterrados ou simplesmente serem já inexistentes. Face à informação disponível apenas é possível apresentar as indicações qualitativas constantes na Tabela 11.

Tabela 11 - Produtividades e profundidades de captação expectáveis

Unidade Hidrogeológica	Depósitos de cobertura aluvionar	Aquíferos descontínuos hipodérmicos e fissurais sub-superficiais a pouco profundos	Sistemas localizados de circulação preferencial superficial a profunda	(Possível) Sistema hidromineral de circulação profunda
Geologia	Aluviões de terraço (P)	Granitos Hercínicos (γ_{Π}); Rochas do Silúrico: xistos metamórficos (Sz), xistos grafitosos (Sl) e complexo de xistos e granitos (Syz)	Filões de quartzo (q) Pegmatitos graníticos, aplito-pegmatitos (γ_p) Contactos e Lineamentos estruturais	Granitos fissurados Contactos granito/ xisto e outros, Lineamentos e intersecções estruturais
Permeabilidade	Primária/ porosidade	Secundária/ fissural	Secundária/ fissural	Secundária/ fissural
Profundidades/ Explorabilidade	Até 5 metros (poços)	Até 5 metros - hipodérmico (poços) Até 100 metros - fissural (profundos)	Variável	Maior probabilidade de sucesso a partir dos 100 metros
Produtividade	Moderada dispersa	Baixa dispersa	Moderada a muito alta Localizada	Alta a muito alta Localizada
Risco de insucesso associado a captações	Baixo a elevado	Elevado	Baixo a moderado	Baixo a moderado
Sustentabilidade de caudais	Pequena	Pequena	Moderado a elevado	Elevado

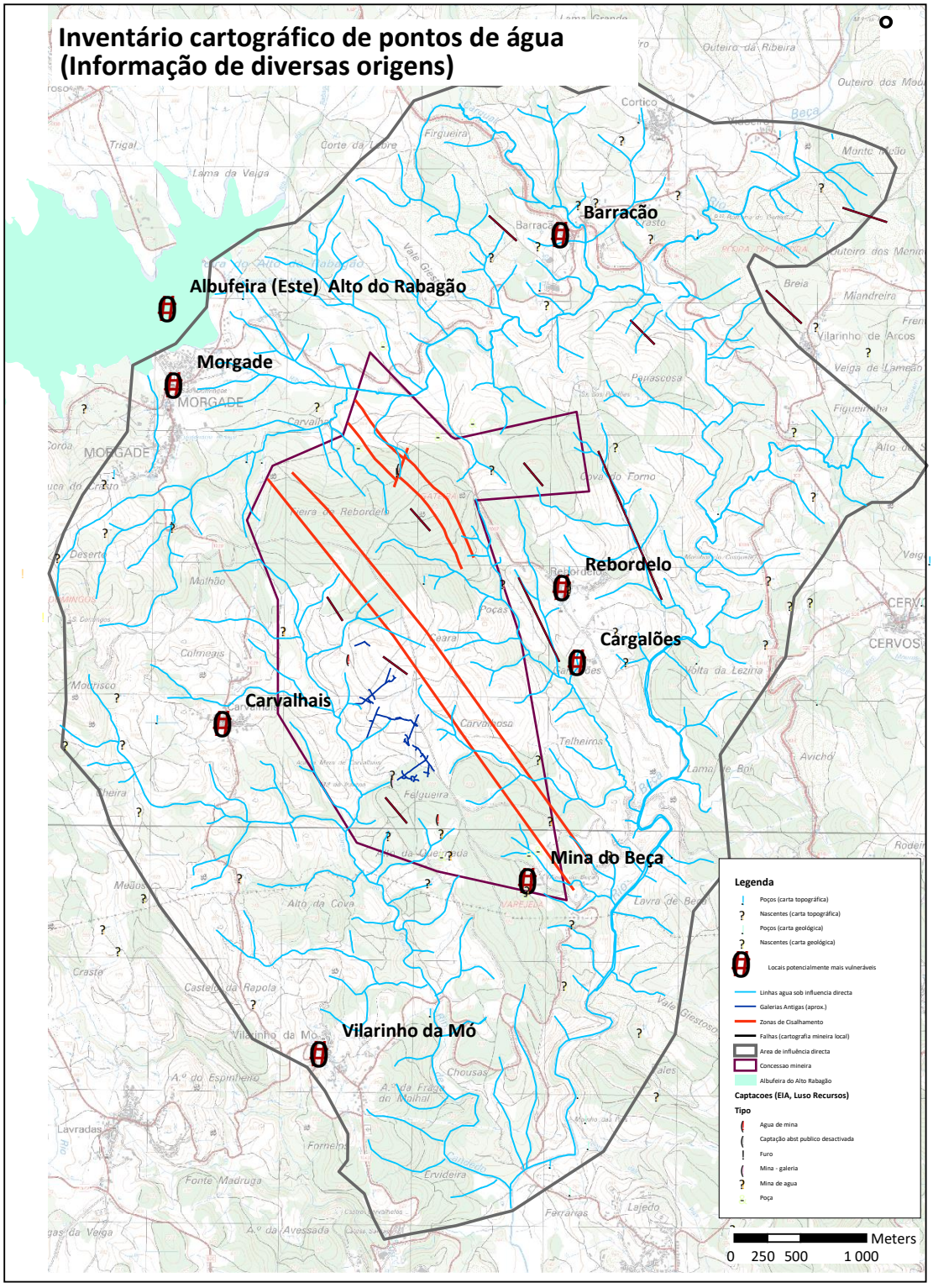


Figura 309 – Área Inventário cartográfico de pontos de água

2.2. Avaliação de Impactes – Recursos Hídricos subterrâneos

2.2.1. Aspetos Quantitativos - Balanços hídricos. Alterações de escoamento. Alterações de produtividades na envolvente de projeto.

Na área da extração mineira é de se esperar um efeito de rebaixamento dos níveis freáticos, localmente bastante demarcado, em virtude das necessidades que existirão em se proceder à bombagem das águas afluentes às cortas e galerias mineiras, mesmo que se assegurem os sistemas de drenagem perimetrais periféricos. Os efeitos deste rebaixamento na envolvente poderão, no entanto, não ser demasiado incidentes em virtude do carácter descontínuo dos sistemas aquíferos superficiais e mais profundos que ocorrem na área. O perímetro mineiro desenvolver-se-á, pelo menos em parte, numa área de cabeceira que constitui presentemente um presumível ponto de efluência e geração de escoamentos sub-superficiais podendo esta situação vir a inverter-se no futuro em virtude do desenvolvimento de topografias negativas e feitos das bombagens. As alterações e inversões nas condições dos escoamentos poderão vir a resultar em reduções de disponibilidade na envolvente imediata, que se espera que não sejam de elevada abrangência espacial devido às características dos sistemas aquíferos ocorrentes, mas que deverão ser monitorizadas e acompanhadas desde os estágios iniciais da fase de implementação. Na sua grande maioria as explorações locais são realizadas a partir de minas de água, nascentes e charcas e poços em aluviões. A probabilidade de ocorrência de intersecções com os sistemas relacionados com as nascentes e minas de água ocorrentes na envolvente, apesar de não serem impossíveis, apresentam uma baixa probabilidade de ocorrência. A natureza e características dos sistemas aquíferos existentes permite perspetivar a provável existência de baixas incidências em termos de alterações nos escoamentos e nas produtividades nas envolventes à área do projeto. Ainda assim, aconselha-se a avaliação quantificada e devidamente sustentada das capacidades de transmissividade do maciço e segundo os alinhamentos estruturais ocorrentes de maior expressão espacial. Presentemente, não existe informação de base, numérica e cartográfica, que permita uma análise quantificada do que é pretendido.

2.2.2. Aspetos Qualitativos - Eventuais pontos de descarga no meio hídricos. Volumes e caracterização do efluente descarregado.

Faces às características anteriormente expostas relativas aos sistemas aquíferos existentes, nomeadamente o seu caracter maioritariamente fissural, as espectáveis reduzidas continuidades laterais e em profundidade e as reduzidas espessuras dos sistemas mais superficiais (aluvionares e depósitos de cobertura), considera-se que a realização de descargas

no meio hídrico subterrâneo, fora das áreas de extração/exploração propriamente ditas, poderá vir a constituir um verdadeiro insucesso. Os depósitos de cobertura na área em que se enquadra são circunscritos e descontínuos, não sendo de se esperar efeitos de reservatório muito significativos neste tipo de ocorrências. Não é, igualmente, de se esperar sequer altas capacidades nos rácios de injeção de águas efluentes através de sistemas de falha ou de contacto, locais preferencialmente condutores nestes maciços e de maior capacidade transmissiva. Restam alguns sistemas aluviais, pouco profundos, de reduzida expressão, na área envolvente sendo que os mesmos se encontram em área ocupadas pelas populações locais, com exceção de uma mancha cartografada a Norte, no contorno imediatamente Este da albufeira do Alto Rabagão. A qualidade das águas naturais exploradas nestas aluviões pelas populações dificilmente será equiparada pela qualidade dos efluentes descontaminados a descarregar podendo a sua injeção vir a ser interpretada não como uma benesse no enriquecimento da recarga aquífera mais sim como um efeito de contaminação secundário das águas naturais que circulem, quer nos aluviões quer nos maciços. Uma restituição ao meio hídrico subterrâneo eficiente neste tipo de formações será difícil assegurar, e deverá, quando muito, ficar circunscrita ao contexto mineiro. Será sempre preferível, se possível, proceder à recondução (total ou parcial) para os circuitos de exploração e de processamento, numa perspetiva de reciclagem e de descarga nula no meio. O desenvolvimento de estruturas ou reservatórios, ainda que de dimensões relevantes, para o armazenamento destes efluentes e utilização em períodos de estio poderá ser uma alternativa para a resolução do problema, ainda que parcial. Ademais, restará a tradicional restituição ao meio hídrico superficial.

2.2.3. Medidas de Minimização e recomendações

A área em questão apresenta características em termos hidrogeológicos muito peculiares já anteriormente descritas. Particular cuidado deve ser dado ao planeamento de furos de exploração na área em virtude do alto risco de insucesso em termos de produtividade dos mesmos. Apesar da zona ser hidricamente muito favorecida e caracteristicamente excedentária, a recarga a partir dos escoamentos superficiais é baixa, e a circulação de águas sub-superficial e a maiores profundidades é circunscrita e espacialmente muito condicionada a zonas de maior fraturação nos maciços rochosos e a estruturas, contactos, e intersecções estruturais diversas. Por esta razão, a adotar-se a solução de implementação de vários furos de bombagem, recomenda-se o desenvolvimento prévio de um Plano de Prospeção e Exploração de Águas Subterrâneas que permita averiguar adequadamente a profundidade dos níveis freáticos na área, os locais de intersecção de estruturas com maior probabilidade de serem

mais produtivas e a correta averiguação das capacidades produtivas e transmissivas dos meios hidrogeológicos ocorrentes. A avaliação da transmissividade e coeficiente de armazenamento devem, pois, ser igualmente incluídas em tal Plano. É de referir que o número de nascentes e minas de água inventariados na área e envolvente imediata é elevado, ocorrendo as mesmas a cotas muito distintas, por vezes altas, o que é indiciador da existência de águas de circulação no maciço que poderão vir a interferir com os trabalhos mineiros em profundidade. Por seu turno, tais nascentes poderão ter alguma capacidade produtiva para efeitos da produção mineira pelo que as suas possibilidades de utilização poderiam ser ponderadas e localmente averiguadas em complemento às furações previstas o que permitiria uma solução de projeto mais equilibrada, de menor risco em termos dos caudais disponíveis para exploração futura e ambientalmente mais sustentada.

Pelas razões já anteriormente descritas, não se aconselha, de todo, a restituição de águas efluentes descontaminadas ao meio hídrico subterrâneo sugerindo-se a sua recondução para os circuitos mineiros e/ou do processamento, a restituição no meio hídrico superficial e eventualmente o seu armazenamento, ainda que parcial, em estruturas adequadas para usos mais específicos, seja pela atividade mineira, seja pelas próprias populações locais.

3. Recursos Hídricos Superficiais

A caracterização dos recursos hídricos superficiais teve por base recolha bibliográfica, onde se inclui o Plano da Bacia Hidrográfica do rio Douro, o Plano de gestão da Região Hidrográfica do Douro, o site do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), cartas militares à escala 1:25000 e diversos estudos, artigos e *shapefiles* sobre as bacias do Beça, Tâmega e Douro.

3.1. Identificação e Caracterização das Massas de Água

3.1.1. Hidrografia e Massas de Água

A área de implementação do projeto Mina do "Romano" localiza-se na bacia hidrográfica do rio Douro (Região Hidrográfica do Rio Douro), sub-bacia hidrográfica do Tâmega, e sub-bacia hidrográfica do Beça (massa de água PT03DOU0184). O rio Beça é afluente da margem direita do rio Tâmega perto de Ribeira de Pena, que por sua vez é afluente da margem direita do rio Douro. A bacia do rio Beça está localizada na província de Trás-os-Montes e Alto Douro, a norte de Portugal. Na Figura 310 mostra-se o enquadramento regional das bacias do Beça, Tâmega e Douro no território nacional.

A barragem do Alto Rabagão dista menos de 2 km da área de implementação do projeto, todavia já faz parte de outra bacia hidrográfica, neste caso da região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça.

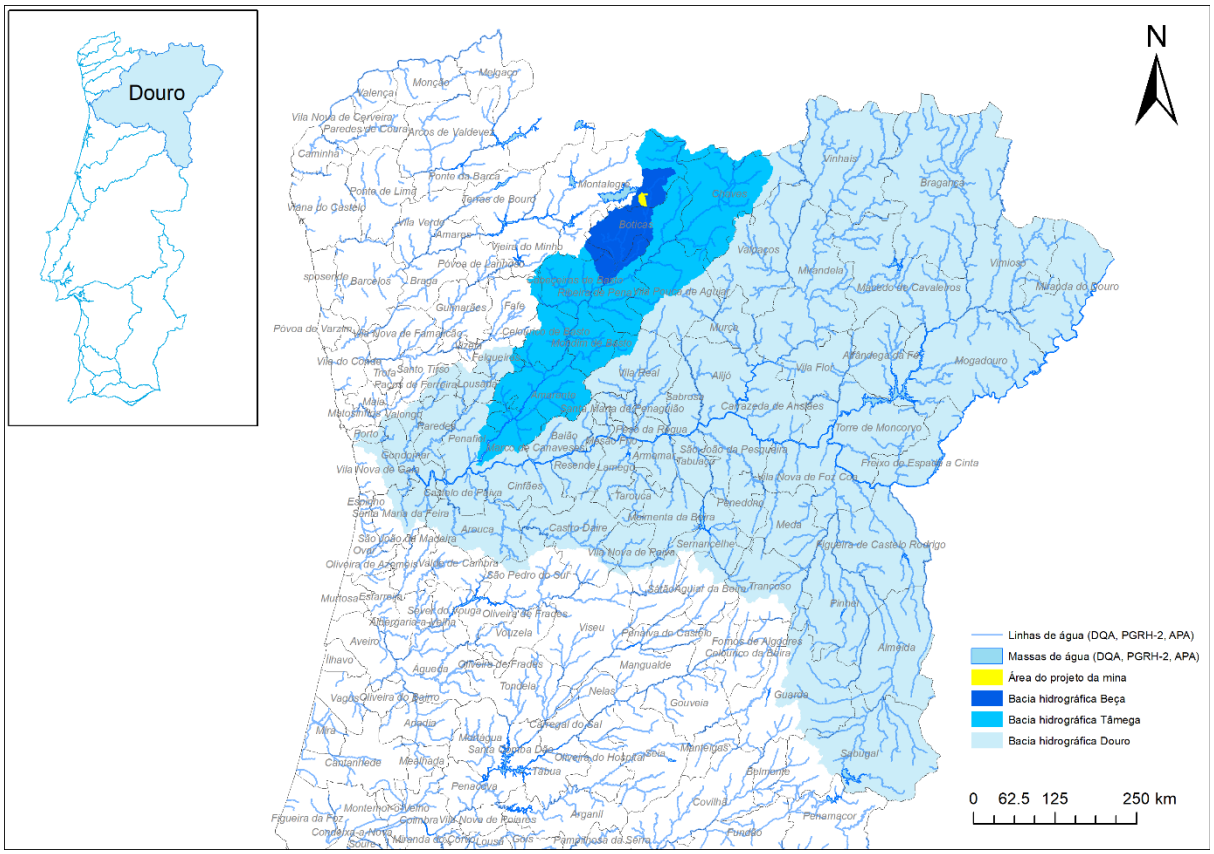


Figura 310 – Enquadramento regional das bacias do Beça, Tâmega e Douro no território nacional, com representação da localização da área do projeto

A bacia hidrográfica do rio Douro tem uma área total de 97 603 km^2, dos quais 18 643 km^2 em Portugal (19,1% do total) e 78 960 km2 em Espanha (80,1%). É a maior em área das bacias hidrográficas dos rios da Península Ibérica e o Rio Douro é o curso de água mais importante do norte da Península Ibérica. A bacia do Tâmega, por sua vez, ocupa uma área de 3 309 km^2 e parte da sua cabeceira 660 km^2 ocupa território espanhol (2649,2 km^2 em território nacional). Por sua vez, a bacia do Beça cobre uma área de 337 km^2 (cerca de 0,35% da área da RH do Douro e 10,2% da área da BH do Tâmega).

Na Tabela 12 mostram-se os parâmetros essenciais do balanço hídrico relativo à bacia do Tâmega e que constam o Plano da Bacia Hidrográfica do rio Douro (ETP – evapotranspiração potencial; ETR – evapotranspiração real).

Tabela 12 - Parâmetros essenciais do balanço hídrico relativo à bacia do Tâmega

Bacia	Área (km^2)	Precipitação (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	Excesso hídrico (mm)	Déficit hídrico (mm)	Recarga dos aquíferos (mm)	Escoamento (mm)		Escoam /precip (%)
								hm^3	mm	
Tâmega	2649,2	1443,19	970,7	617,8	825,4	353	63,4	1906,1	719	49,8

O rio Tâmega nasce na província de Orense em Espanha, e faz um percurso com cerca de 150 km até à foz no rio Douro em Entre-os-Rios, concelho de Penafiel. O rio Beça, um dos afluentes principais do rio Tâmega, tem 55,2 km de extensão.

A bacia do Beça ocupa o lado sotavento da Serra do Barroso, onde as altitudes variam entre 190 e 1270 m acima do nível do mar, com declives médios das encostas entre 5 e 20°. Na Figura 311 mostra-se uma imagem a 3D da bacia, na Figura 312 mostram-se as classes de altitude da bacia do Beça, e na Figura 313 as classes de declive da mesma bacia.

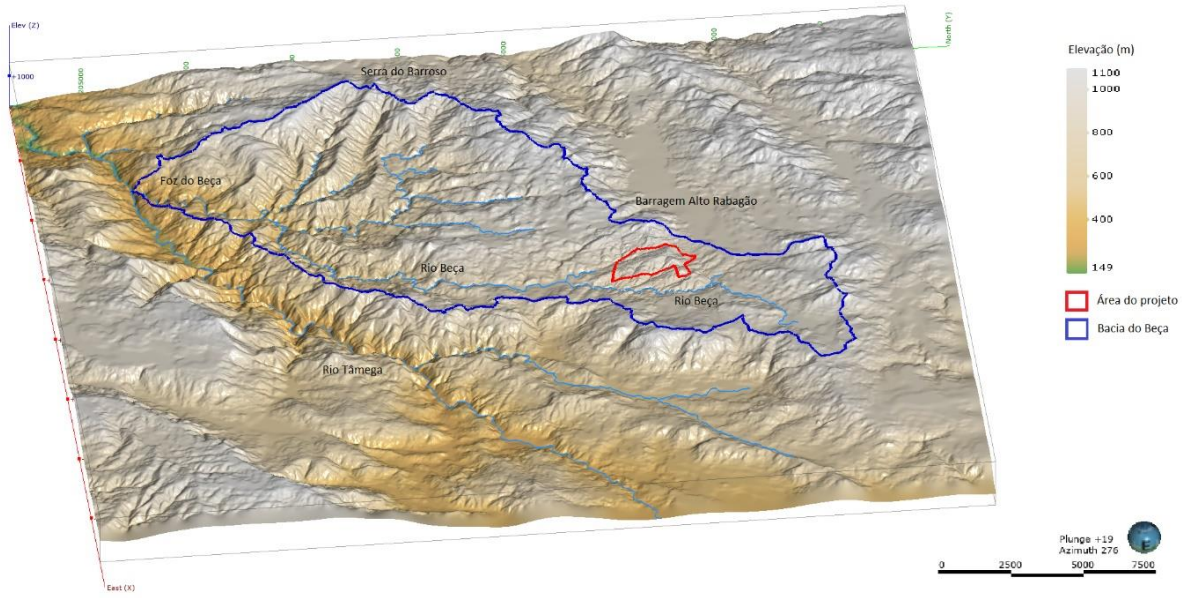


Figura 311 – Imagem a 3D da bacia do Beça com representação da localização da área do projeto

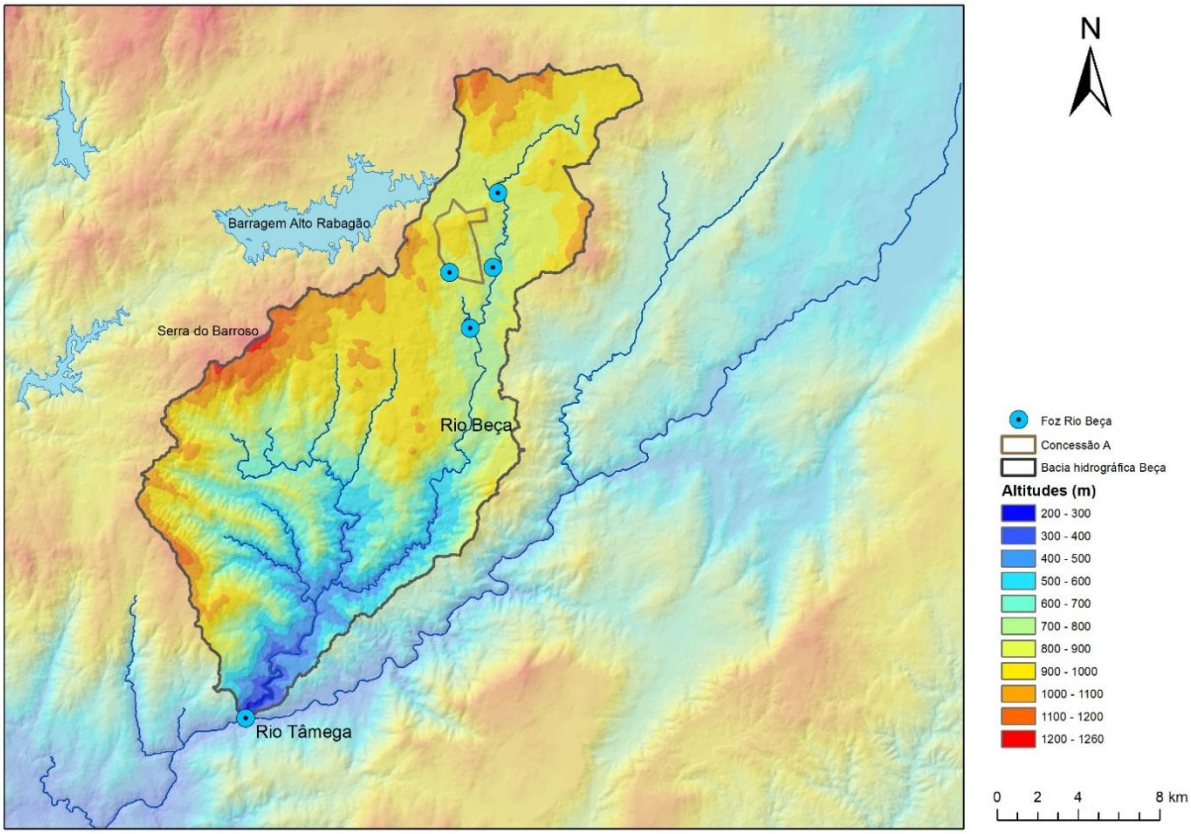


Figura 312 – Classes de altitude da bacia do Beça com representação da localização da área do projeto

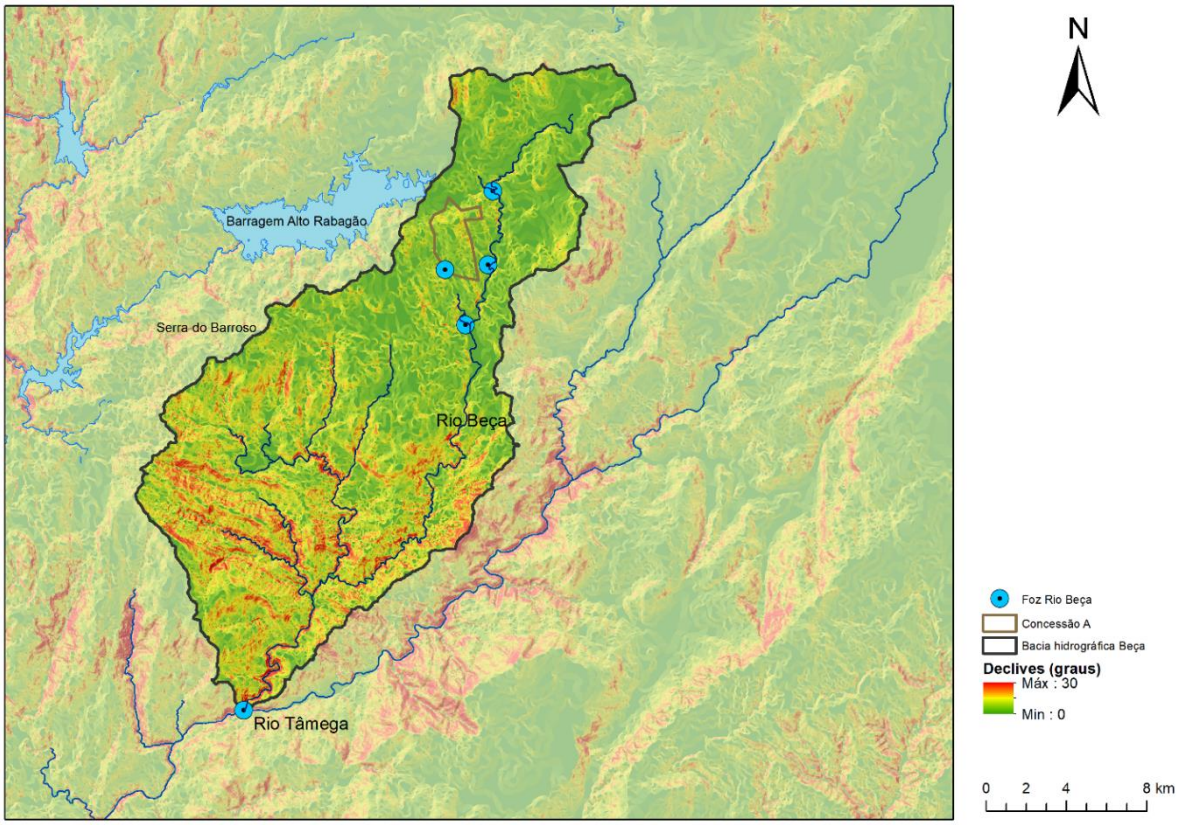


Figura 313 – Classes de declive da bacia do Beça com representação da localização da área do projeto

Para melhor compreensão e descrição do relevo da bacia do Beça, foram elaborados três (3) perfis transversais e com sensivelmente o mesmo comprimento que se mostram na Figura 314: um a montante que corta a área do projeto, o segundo sensivelmente a meio e o terceiro na parte final próximo da foz com o Tâmega.

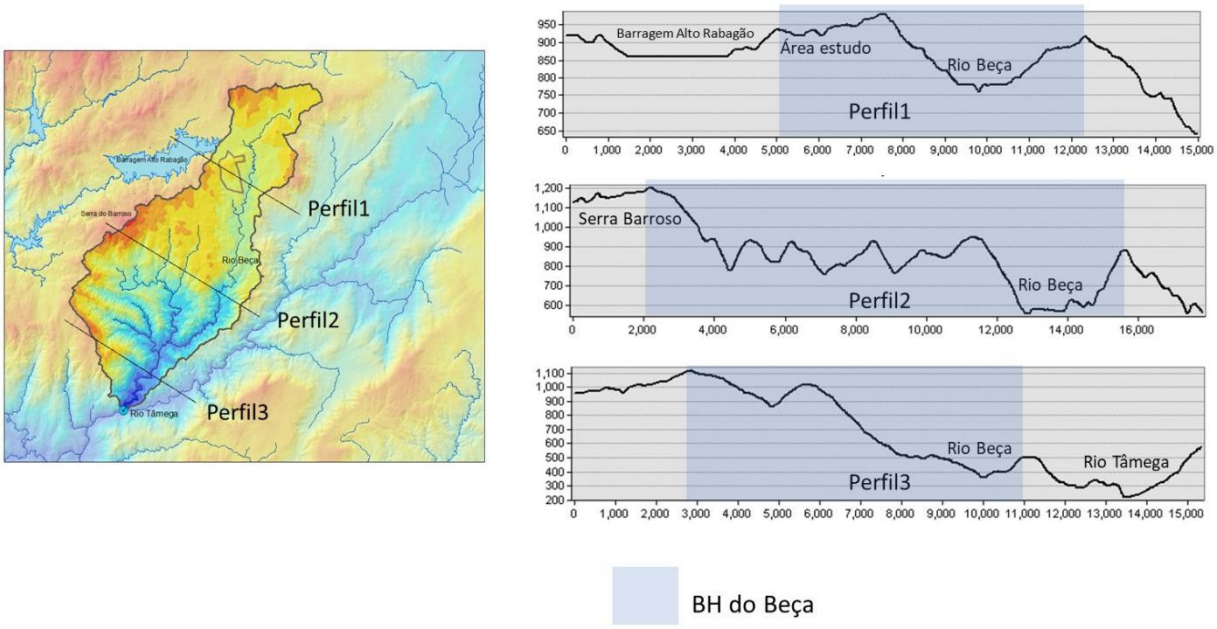


Figura 314 – Representação de 3 perfis de altimetria da bacia do Beça, onde o perfil mais a montante atravessa a área do projeto

Na Tabela 13 mostram-se alguns parâmetros geométricos da bacia do Beça onde se insere a área do projeto da Mina do "Romano". A área de intervenção representa cerca de 1,89% da área total da bacia.

Tabela 13 - Alguns parâmetros geométricos da bacia do Beça

Parâmetro	Valor
Área da bacia do Beça	33 713 ha
Área do projeto da Mina do "Romano"	637,574 ha
% (área do projeto / área da bacia do Beça)	1,89 %
Perímetro da bacia do Beça	110,644 km
Coeficiente de compacidade(1)	1,687
Comprimento linhas de água(2)	112 791 km
Densidade de drenagem(3)	0,334 km/km^2
Cotas nascente e foz	900 e 200 m
Declive médio rio Beça	1,27%

(1) Coeficiente de compacidade (Kc): é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia, o valor é sempre superior um, e no caso de ser um é um círculo perfeito. O valor calculado de 1,687 mostra que a bacia tem uma forma muito circular e que por isso mostra tendência a existirem picos de cheia.

(2) Comprimentos calculados com base nas massas e linhas de água reportadas à Comissão Europeia no âmbito da Diretiva Quadro da Água (DQA), 2.º ciclo de planeamento 2015-2021 (PGRH-2).

(3) A densidade de drenagem calculou-se pelo quociente entre o somatório do comprimento de todas as linhas de água e a área da bacia. O valor calculado de 0,334 classifica a bacia do Beça como de drenagem pobre.

A geologia da bacia do Beça é caracterizada por xistos negros silurianos e quartzitos, que foram intrudidos por granitos hercínicos e fraturados por réplicas em pequena escala de falhas frágeis regionais NNE – SSW e zonas de cisalhamento NW – SE.

Nos setores mais a montante e médios da bacia do Beça, o relevo é tendencialmente escarpado (ver perfis 1 e 2). Nestas zonas, a ocupação do solo é caracterizada por arbustos e árvores de pequeno porte, áreas de sequeiro, pastagens e pastagens naturais nos vales que circundam as aldeias. Já no setor a jusante, o relevo é mais suave (perfil 3) e o rio corre num leito mais largo e com declives menos acentuados nas vertentes envolventes. Nesta zona ocorrem manchas de floresta de maiores dimensões de pinheiro-bravo que é utilizado para a indústria da madeira (Caetano et al., 2009).

Na metade do curso mais a montante, acima da cota 700 metros, o rio Beça é relativamente linear e segue a orientação N–S. O leito do rio é rochoso e as margens geralmente não acumulam sedimentos porque o rio segue um perfil de vale muito encaixado. Na segunda metade do curso, e especialmente a jusante depois da confluência com dois importantes tributários da margem direita (rio Covas e ribeira de Gondiães), o rio tende a serpentear e a desenvolver zonas de acumulação de sedimentos, devido à maior sinuosidade e largura do leito, e com a diminuição da velocidade de escorrência da água. Nessas zonas ribeirinhas, acumula-se vegetação, sendo dominada por *Fraxinus angustifolia*, *Alnus glutinosa*, *Salix atrocinera* e *Betula pubescens*.

3.1.2. Escoamentos

Segundo o Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Douro (RH3), (2016), e tendo por base dados dos últimos 50 anos, a precipitação anual média na RH do Douro é de 1030 mm, variando entre um valor máximo de cerca de 2500 mm e um valor mínimo de aproximadamente 400 mm.

3.1.2.1. Bacia do Beça

Para analisar a bacia do Beça e a área circundante do projeto, foram selecionados os dados de precipitação mensal, desde setembro de 1950 até outubro de 2020, perfazendo um total de 64 anos ou 768 meses da base de dados da rede de estações meteorológicas do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). Foram selecionadas 9 estações. Na Figura 315 mostra-se um mapa com as suas localizações e os polígonos de Thiessen. Na Tabela 14 mostram-se os principais parâmetros que podem ser extraídos destas estações no que respeita à precipitação mensal e na Figura 316 mostram-se a precipitação mensal média nas estações meteorológicas selecionadas e estimativa na BH do Beça pelos polígonos de Thiessen.

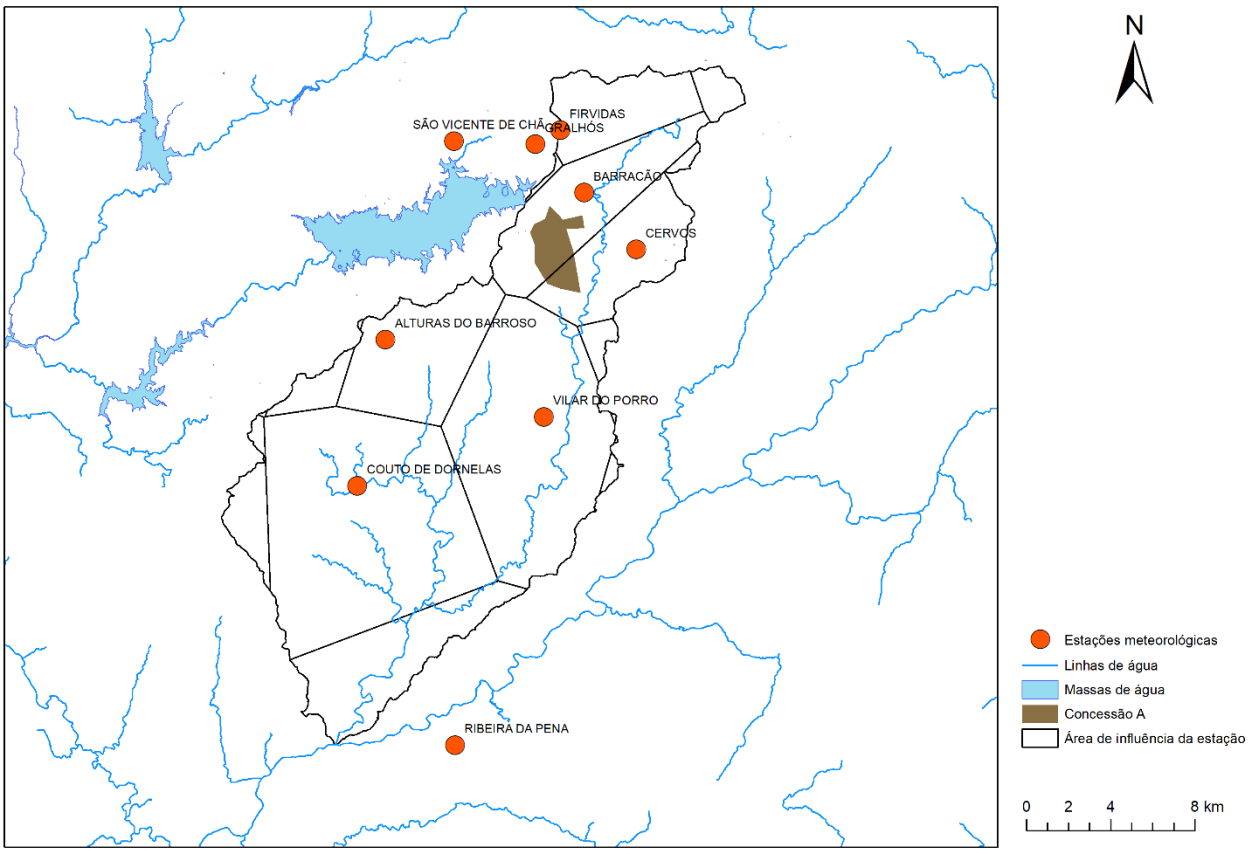


Figura 315 – Representação da bacia do Beça e das estações meteorológicas selecionadas

Tabela 14 - Parâmetros de localização e estatísticos básicos da precipitação mensal das nove estações selecionadas

Nome	Área na BH Beça	Meses (768)	Altitude (m)	Distância à área do projeto (m)	Precipitação mensal (mm)				
					Máx	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coef. var
ALTURAS DO BARROSO (03K/07UG)	32,98	608	1068	9000	1108	134	82	145	0,92
BARRACÃO (03K/06UG)	**32,53**	**657**	**801**	**3500**	**877**	**97**	**60**	**108**	**0,90**
CERVOS (03K/05UG)	27,20	749	842	3850	827	93	60	105	0,88
COUTO DE DORNELAS (04J/03UG)	95,78	748	679	14250	1306	119	64	149	0,80
FIRVIDAS (03K/04UG)	20,98	692	935	6000	750	84	51	99	0,85
GRALHÓS (03K/02UG)	0,55	699	910	5400	1507	112	65	142	0,79
RIBEIRA DE PENA (04K/01UG)	30,19	720	376	23250	844	101	60	116	0,87
SÃO VICENTE DE CHÃ (03K/03UG)	0,00	600	901	7500	1000	120	80	127	0,95
VILAR DO PORRO (03K/08UG)	74,81	544	822	7500	993	132	78	149	0,89

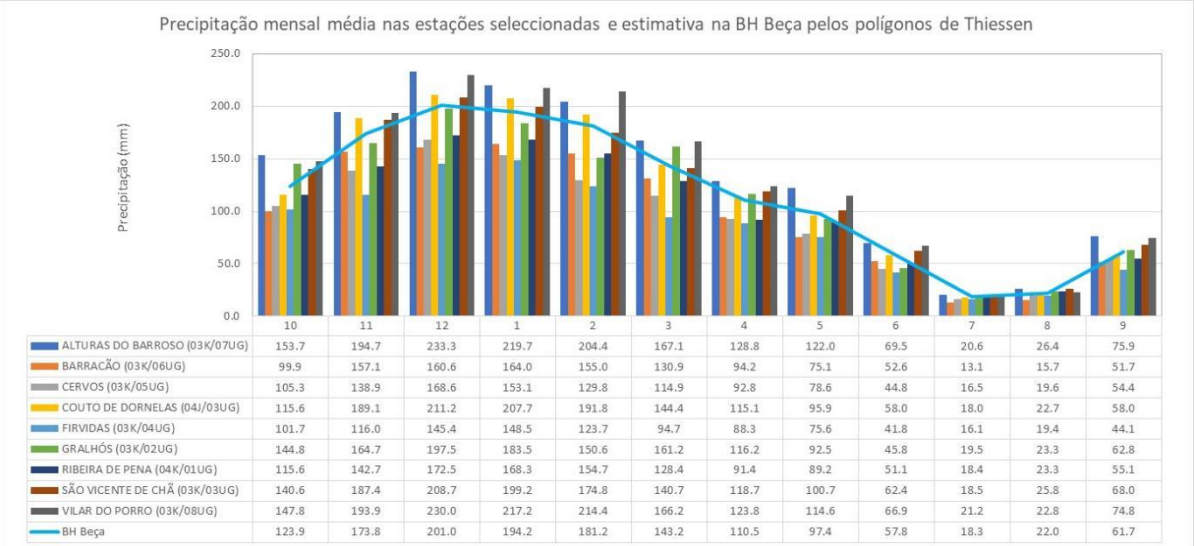


Figura 316 – Precipitação mensal média nas estações meteorológicas selecionadas e estimativa na BH do Beça pelos polígonos de Thiessen

Estes dados mostram que:

(1) Os dados de precipitação mensal não estão registados em todas as estações para todos os meses, mas o registo é bastante representativo e na pior das hipóteses cobriu 70% do tempo.

(2) A precipitação ao longo do ano é muito variada, nos meses mais chuvosos de dezembro a fevereiro os valores variam entre 150 e um pouco mais de 200 mm, já no mês menos chuvoso de julho a precipitação é inferior a 20 mm. A variação entre estações é maior nos meses de inverno do que nos meses de verão.

(3) Os valores de precipitação médios de todas as estações são da mesma ordem de grandeza, e variam entre acumulados mensais de 84 mm e 134 mm, esta última na estação de cota mais elevada;

(4) Os coeficientes de variação da precipitação mensal nas várias estações são muito semelhantes, com valores entre 0,79 e 0,95, o que conjuntamente com os coeficientes de correlação calculados entre 0,8 e 0,9 confirmam uma grande semelhança do padrão de precipitação na bacia do Beça

(5) A soma da precipitação anual para todas as estações, ponderada pela respetiva área de influência, estima a **precipitação anual média na bacia do Beça em 1385 mm,** o que corresponde a um **volume de precipitação total anual de 467 117 dam^3**.

Para analisar os caudais do rio Beça foram selecionados dados das estações hidrométricas Vale Giestoso (03K/01H), hidroelétrica do Canedo (04K/03AE) e Cunhas (04J/04H) no site do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) (ver Figura 317). A estação Vale Giestoso é a mais próxima para jusante da área do projeto, e dista cerca de 3 km da futura mina, já a estação Cunhas situa-se na foz do rio Beça, próximo do Rio Tâmega, recebe todo o caudal da bacia exceto o caudal que faz transvase. Foram analisados os parâmetros caudal médio diário (m^3/s) e escoamento mensal total (dam^3).

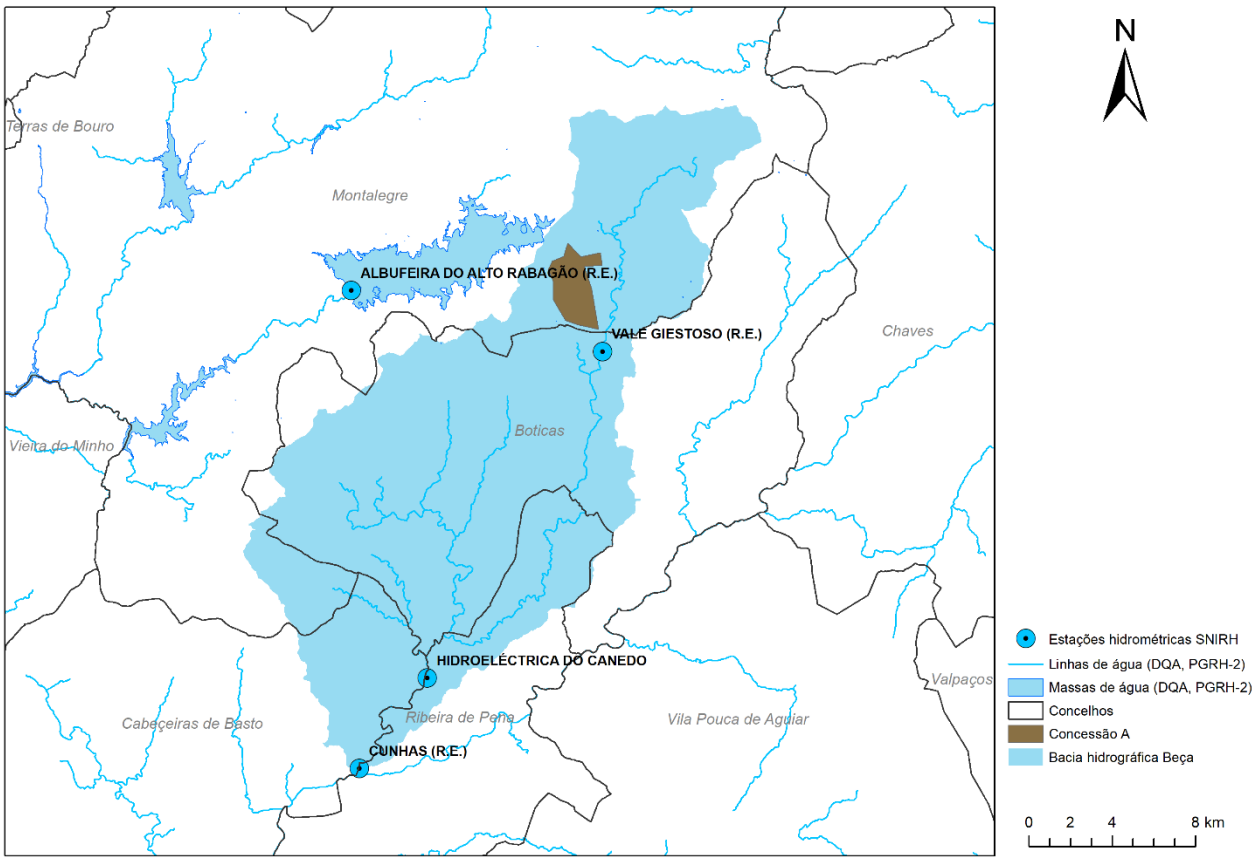
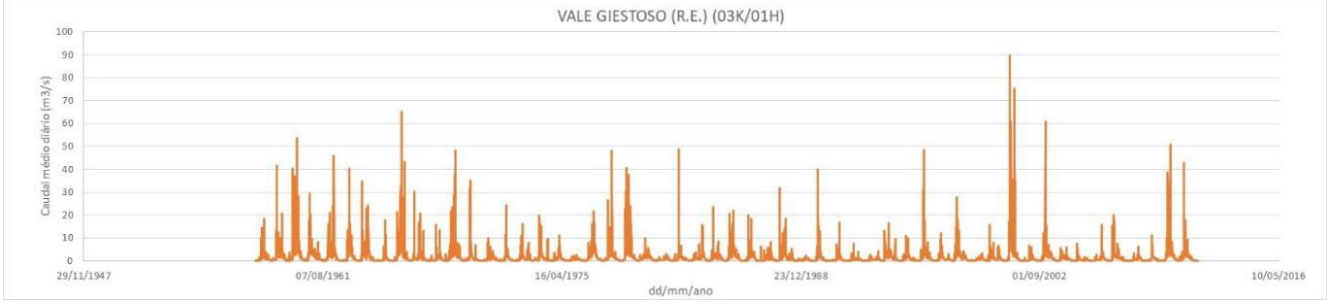


Figura 317 – Localização das 3 estações hidrométricas na bacia do Beça mais a da Albufeira do Alto Rabagão e enquadramento com a área do projeto

Importa referir que os dados mais recentes são de 2012 e para a estação do Canedo estão bastante incompletos. Para a estação Vale Giestoso, existem dados entre outubro 1957 e setembro 2011, para a Hidroelétrica do Canedo os dados existem entre janeiro 2009 e março 2012 e finalmente para a estação Cunhas existem dados entre os anos 50 e setembro 2011.

Na Figura 318 mostram-se as séries temporais dos caudais médios diários em m^3/s do rio Beça na estação Vale Giestoso e Cunhas, na Figura 319 mostra-se a variabilidade mensal dos caudais médios diários na estação Cunhas e na Tabela 15 mostram-se os estatísticos básicos condicionais por mês destes caudais médios diários nas estações hidrométricas Vale Giestoso e Cunhas.



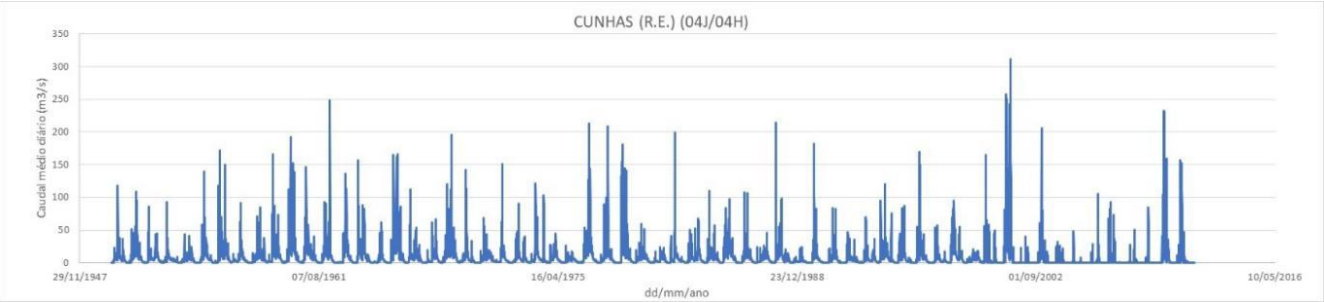


Figura 318 – Caudais médios diários nas estações hidrométricas Vale Giestoso e Cunhas

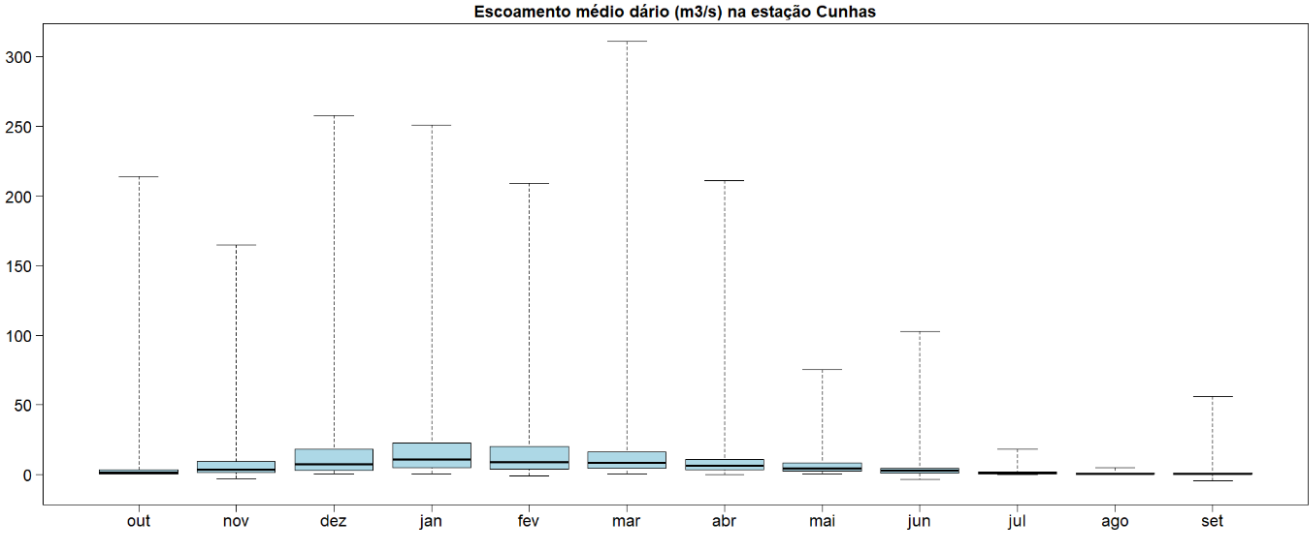


Figura 319 – Variabilidade mensal do caudal médio diário na estação Cunhas

Tabela 15 - Caudais médio diário (m3/s) nas estações hidrométricas Vale Giestoso e Cunhas

Mês	VALE GIESTOSO (R.E.) (03K/01H)				CUNHAS (R.E.) (04J/04H)			
	Nº dias	Média	Mínimo	Máximo	Nº dias	Média	Mínimo	Máximo
Out	1674	0,61	0,00	32,00	1922	4,17	0,34	214,00
Nov	1620	1,52	0,01	40,20	1860	9,42	0,42	165,00
Dez	1674	3,14	0,03	89,80	1922	16,52	0,48	258,00
Jan	1674	3,64	0,14	60,90	1922	18,99	0,46	251,00
Fev	1525	3,91	0,21	65,20	1751	18,45	0,50	209,00
Mar	1674	2,85	0,23	75,20	1922	14,16	0,41	311,00
Abr	1620	2,01	0,31	43,30	1860	9,43	0,55	211,00
Mai	1674	1,34	0,24	15,10	1922	6,49	0,47	75,40
Jun	1620	0,80	0,07	9,58	1860	3,69	0,42	103,00
Jul	1674	0,37	0,01	2,11	1922	1,50	0,10	18,30
Ago	1674	0,20	0,00	3,23	1922	0,73	0,32	5,06
Set	1620	0,21	0,00	6,23	1860	1,06	0,23	56,30
	19723	**1,72**	**0,00**	**89,80**	**22645**	**8,72**	**0,10**	**311,00**

Na Figura 320 mostra-se o escoamento mensal acumulado nas estações hidrométricas selecionadas e na

Tabela 16 mostram-se os respetivos estatísticos básicos do escoamento mensal. Para terminar a análise dos escoamentos, na Tabela 17 mostram-se as estimativas anuais do escoamento em dam^3 quer calculadas com os dados diários quer calculadas com os dados mensais extraídos da Base de Dados do SNIRH.

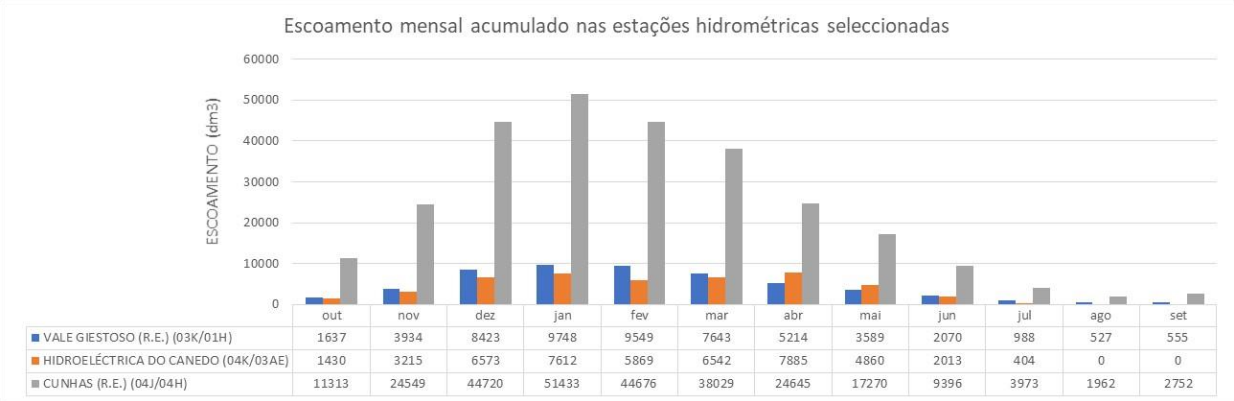


Figura 320 – Escoamento mensal acumulado nas estações hidrométricas selecionadas

Tabela 16 - Parâmetros de localização e de escoamento mensal nas estações hidrométricas selecionadas

	Estação hidrométrica	Meses com dados	Altitude (m)	Área drenada (km^2)	Escoamento mensal (dam^3)				
					Máx	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. var
Desde 1950	VALE GIESTOSO (R.E.) (03K/01H)	648	758	77,72	54727	4490	2054	6385	0,70
	HIDROELÉCTRICA DO CANEDO (04K/03AE)	30	380	327,5	14717	4428	2498	4807	0,92
	CUNHAS (R.E.) (04J/04H)	732	222	337,28	210526	22893	11139	30694	0,75
Desde jan/2009	VALE GIESTOSO (R.E.) (03K/01H)	33	758	77,72	25144	5439	2373	7074	0,77
	HIDROELÉCTRICA DO CANEDO (04K/03AE)	30	380	327,5	14717	4428	2498	4807	0,92
	CUNHAS (R.E.) (04J/04H)	33	222	337,28	189334	25322	2211	45796	0,55

Tabela 17 - Escoamento anual médio (dam3) nas estações hidrométricas Vale Giestoso e Cunhas

Estimativa com	Escoamento anual médio	VALE GIESTOSO (R.E.) (03K/01H)	CUNHAS (R.E.) (04J/04H)
Dados diários	TOTAL (dam^3)	54 163	274 921
	POR ÁREA (dam^3/km^2)	696,9	815,1
Dados mensais	TOTAL (dam^3)	53 876	274 719
	POR ÁREA (dam^3/km^2)	693,2	814,5

Tal como mencionado previamente, os dados da estação Canedo devem ser analisados com reserva porque estão muito incompletos e os mais recentes são de 2011. Contudo pode-se afirmar que:

(1) A estação Vale Giestoso localiza-se no primeiro quarto da bacia do Beça (drena a área de 77,7 km^2 de um total de 337 km^2, proporção de 4,34 vezes), e os dados disponíveis constituem uma série temporal bastante completa até 2011.

(2) Estes dados mostram grandes variações de caudais entre os meses de Inverno e de Verão, e também grandes variações de ano para ano. Na série temporal disponível, o ano hidrológico 2000/01 foi o mais chuvoso e foi observado um pico de caudal médio diário de 90 m^3/s na estação Vale Giestoso, que tem correspondência na estação Cunhas com mais de 300 m^3/s. Nos restantes anos hidrológicos, os picos são mais baixos e variam entre um pouco menos de 10 m^3/s até 60 m^3/s na estação Vale Giestoso e 100 a 200 m^3/s na estação Cunhas. Nos meses mais secos, o caudal é residual na estação Vale Giestoso (< 0.01 m^3/s), e muito baixo na estação Cunhas (da ordem de 0,5 m^3/s).

(3) O rio Beça pode ser classificado como **perene** porque mesmo na estação seca mantém um caudal ainda que reduzido na sua foz.

(4) A proporção de escoamento entre as estações Vale Giestoso e Cunhas, é de 3,85 vezes para o escoamento máximo mensal, 5,1 vezes para o escoamento médio mensal e 5,4 vezes para a mediana do escoamento mensal. Esta proporção de escoamentos é muito semelhante à proporção entre as áreas drenadas, o que é indicador de que as características de circulação superficial da água, infiltração e evapotranspiração são relativamente homogéneas na bacia do Beça.

(5) O escoamento anual médio na estação Cunhas foi estimado em 274 921 dm^3, e o volume de precipitação total anual na BH do Beça foi estimado em 467 117 dam^3. O quociente entre o escoamento e a precipitação total, ou seja, o **coeficiente de deflúvio na BH Beça é de 58,9%** (na bacia hidrográfica do Tâmega é de 49,8%).

3.1.2.2. Bacia da Albufeira do Alto Rabagão

Para analisar a bacia da Albufeira do Alto Rabagão onde se prevê que o projeto em análise faça a extração de água, foram selecionados os dados de precipitação mensal, desde setembro de 1950 até outubro de 2020, perfazendo um total de 64 anos ou 768 meses da base de dados da rede de estações meteorológicas do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). Foram selecionadas 6 estações. Na Figura 321 mostra-se um mapa com as suas localizações e os polígonos de Thiessen. Na Tabela 18 mostram-se os principais parâmetros que podem ser extraídos destas estações no que respeita à precipitação mensal e na Figura 322 mostram-se a precipitação mensal média nas estações meteorológicas selecionadas e estimativa na BH da Albufeira do Alto Rabagão pelos polígonos de Thiessen.

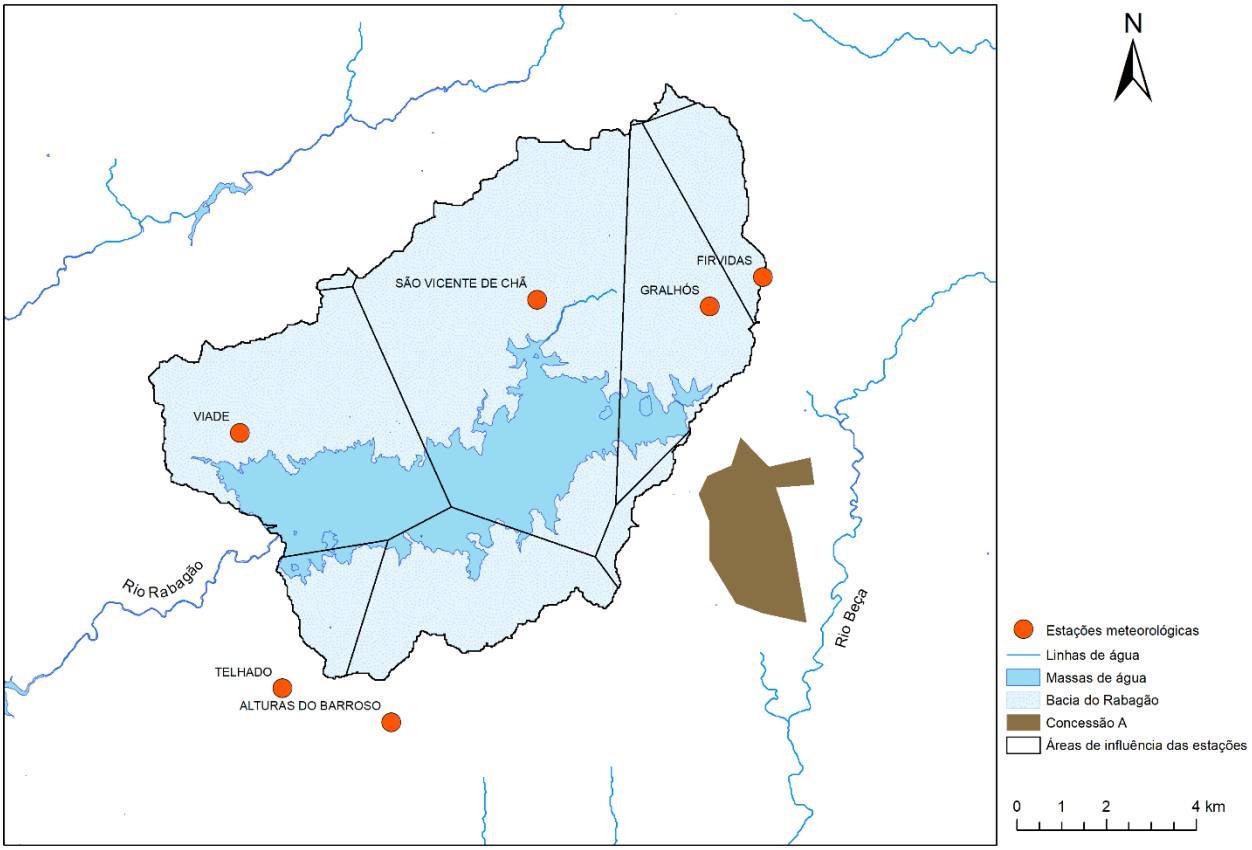
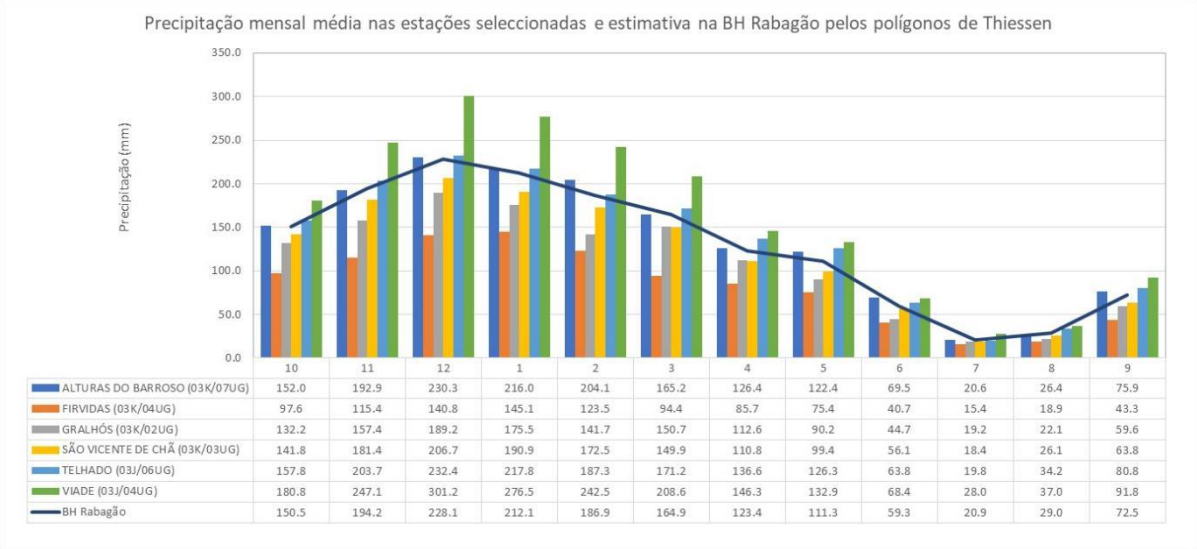


Figura 321 – Representação da bacia do Beça e das estações meteorológicas selecionadas

Tabela 18 - Parâmetros de localização e estatísticos básicos da precipitação mensal das nove estações selecionadas

Nome	Área na BH Beça	Meses (768)	Altitude (m)	Distância à área do projeto (m)	Precipitação mensal (mm)				
					Máx	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coef. var
ALTURAS DO BARROSO (03K/07UG)	10,82	616	1068	8500	1108	133	82	144	0,92
FIRVIDAS	5,03	680	935	7250	750	83	50	99	0,83

(03K/04UG)									
GRALHÓS (03K/02UG)	**12,51**	**765**	**910**	**6500**	**1507**	**107**	**61**	**137**	**0,78**
SÃO VICENTE DE CHÃ 03K/03UG)	34,79	694	901	8250	1000	117	75	129	0,91
TELHADO 03J/06UG)	18,45	732	1042	11000	990	137	82	151	0,91
VIADE (03J/04UG)	21,52	761	919	12250	1347	163	97	185	0,88



	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALTURAS DO BARROSO (03K/07UG)	152.0	192.9	230.3	216.0	204.1	165.2	126.4	122.4	69.5	20.6	26.4	75.9
FIRVIDAS (03K/04UG)	97.6	115.4	140.8	145.1	123.5	94.4	85.7	75.4	40.7	15.4	18.9	43.3
GRALHÓS (03K/02UG)	132.2	157.4	189.2	175.5	141.7	150.7	112.6	90.2	44.7	19.2	22.1	59.6
SÃO VICENTE DE CHÃ (03K/03UG)	141.8	181.4	206.7	190.9	172.5	149.9	110.8	99.4	56.1	18.4	26.1	63.8
TELHADO (03J/06UG)	157.8	203.7	232.4	217.8	187.3	171.2	136.6	126.3	63.8	19.8	34.2	80.8
VIADE (03J/04UG)	180.8	247.1	301.2	276.5	242.5	208.6	146.3	132.9	68.4	28.0	37.0	91.8
BH Rabagão	150.5	194.2	228.1	212.1	186.9	164.9	123.4	111.3	59.3	20.9	29.0	72.5

Figura 322 – Precipitação mensal média nas estações meteorológicas selecionadas e estimativa na BH do Beça pelos polígonos de Thiessen

Estes dados mostram que:

(1) Os dados de precipitação mensal não estão registados em todas as estações para todos os meses, mas o registo é bastante representativo e na pior das hipóteses cobriu 80% do tempo.

(2) A precipitação ao longo do ano é muito variada, nos meses mais chuvosos de novembro a fevereiro os valores variam entre 115 e um pouco mais de 300 mm, já no mês menos chuvoso de julho a precipitação é inferior a 30 mm. A variação entre estações é maior nos meses de inverno do que nos meses de verão.

(3) Os valores de precipitação médios de todas as estações são da mesma ordem de grandeza, mas entre estas sobressai a estação Viade com valores mensais sempre mais altos e para todos os meses do ano, principalmente nos meses de dezembro a março.

Importa ainda referir que a estação Viade é a que representa a maior segunda maior área de influência entre todas as estações.

(4) Os coeficientes de variação da precipitação mensal nas várias estações são muito semelhantes, com valores entre 0,78 e 0,92, o que conjuntamente com os coeficientes de correlação calculados entre 0,8 e 0,9 confirmam uma grande semelhança do padrão de precipitação na bacia da Albufeira do Alto Rabagão.

(5) A soma da precipitação anual para todas as estações, ponderada pela respetiva área de influência, estima a **precipitação anual média na bacia da albufeira do Alto Rabagão em 1553 mm** (1637 mm no site do SNIRH), o que corresponde a um **volume de precipitação total anual de 160 169 dam^3**.

O aproveitamento hidroelétrico do Alto Rabagão é constituído por uma albufeira que se localiza no curso superior do rio Rabagão, que é um afluente da margem esquerda do rio Cávado. A barragem entrou em funcionamento em 1964, é de tipo abóboda, o coroamento tem o comprimento de 1970 metros e está à cota 880 metros e a altura da barragem acima da fundação é de 94 metros. Os dados sobre a sua capacidade podem ser consultados na Tabela 19.

Tabela 19 - Características da albufeira do Alto Rabagão e respetiva bacia

Parâmetros		Valores
Albufeira	Capacidade total (dam^3)	568 690
	Capacidade útil (dam^3)	557 920
	Volume morto (dam^3)	10 770
	Cota de pleno armazenamento (m)	880
	Cota mínima de exploração (m)	829
	Superfície máxima da água (ha)	2 212
	Relação capacidade / precipitação acumulada anual na bacia	**3,55**
Bacia da albufeira	Altitude máxima (m)	1 271
	Altitude mínima (m)	800
	Declive médio (%)	10,90
	Superfície (km^2)	103,12
	Comprimento do rio Rabagão para montante (m)	18,6
	Declive médio do rio para montante (%)	1,7%

A barragem ao Alto Rabagão faz parte de um conjunto de barragens na bacia hidrográfica do rio Cávado que se encontram interligadas conforme se mostra na Figura 323.

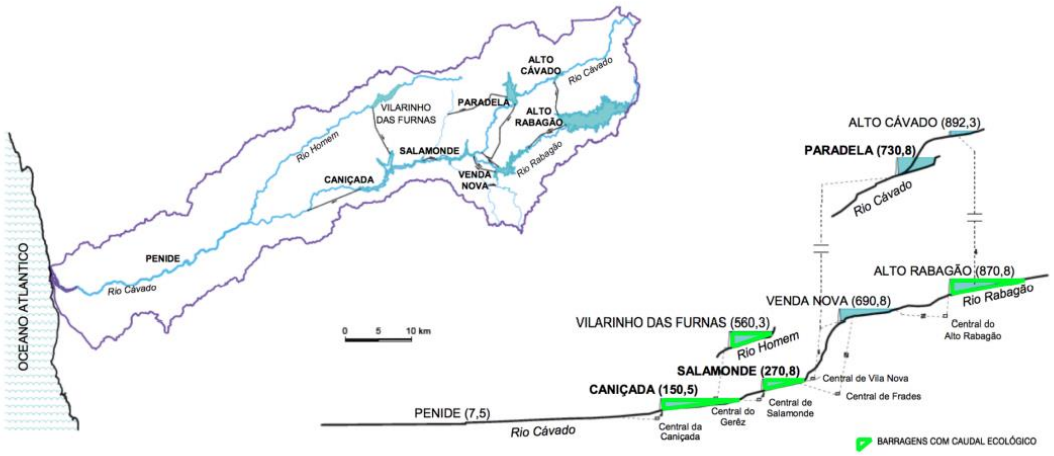


Figura 323 – Ilustração dos aproveitamentos hidroelétricos instalados nas Bacia hidrográfica do rio Cávado e respetivas interações entre sub-bacias (fonte: Gonçalves, 2015)

Para analisar os caudais do rio Rabagão junto à albufeira do Alto Rabagão foram selecionados dados da estação hidrométrica Albufeira do Alto Rabagão (03J/03A) no site do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) (ver Figura 324).

Foram analisados os parâmetros caudal afluente médio diário (m^3/s), caudal efluente médio diário (m^3/s) e volume armazenado mensal no final do mês (dam^3). Os dados de caudais estão disponíveis desde 1 janeiro de 1997 e 2 de fevereiro de 1998 até junho 2021, respetivamente para os caudais afluentes e efluentes da albufeira. Já o volume armazenado está disponível desde 31 janeiro 1990.

Na Figura 325 e Figura 326 mostram-se as séries temporais dos caudais afluente e efluente e do volume armazenado mensal no final do mês; na Figura 327 mostra-se a variabilidade mensal dos caudais médios diários. Na Tabela 20 mostram-se os estatísticos básicos condicionais por mês destes caudais médios diários.

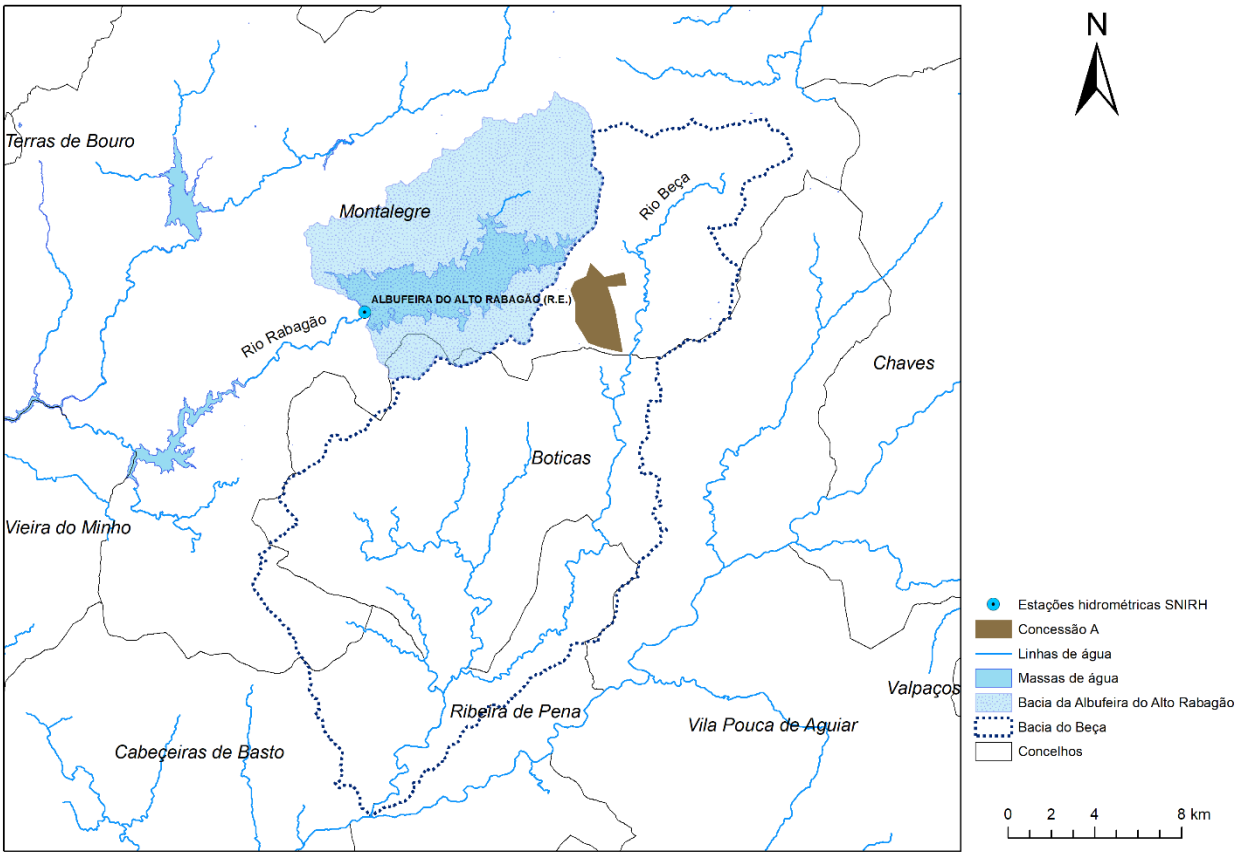


Figura 324 – Localização da estação hidrométrica Albufeira do Alto Rabagão na bacia do Rabagão e enquadramento com a área do projeto

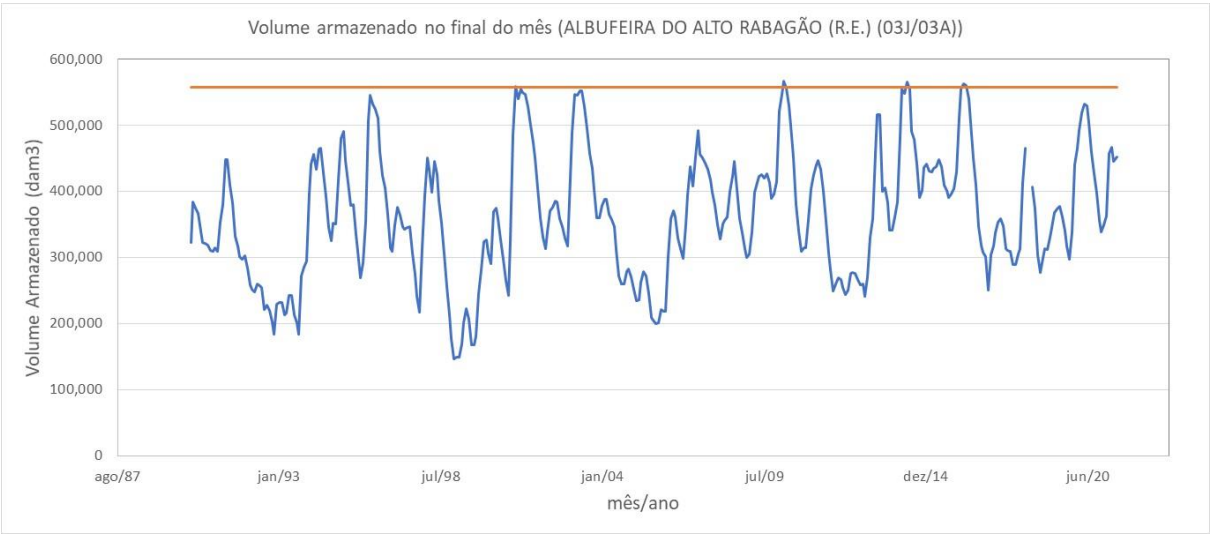
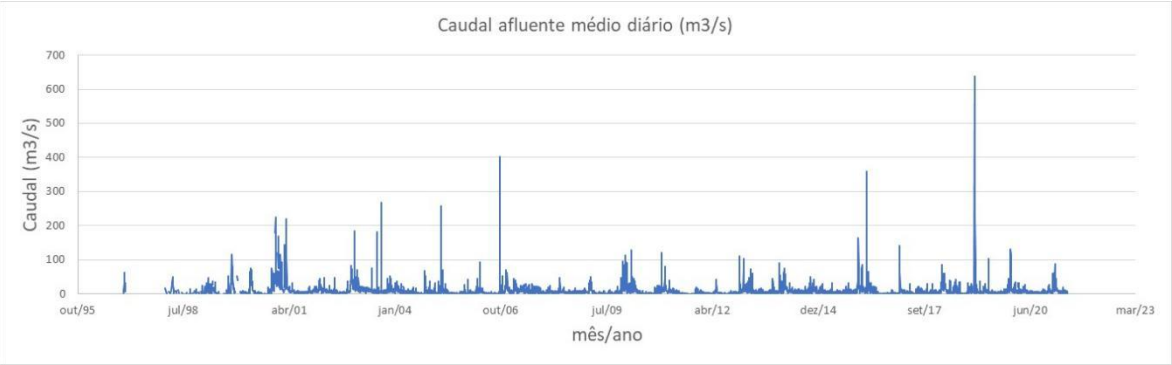


Figura 325 – Série temporal volume armazenado de água na albufeira do Alto Rabagão relativamente à máxima capacidade (fonte: SNIRH)



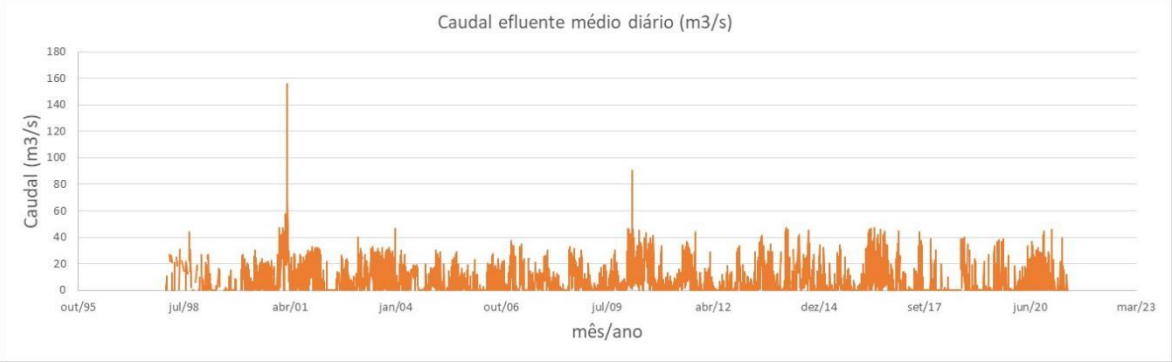


Figura 326 - Séries temporais dos caudais afluentes e efluentes da albufeira do Alto Rabagão (fonte: SNIRH)

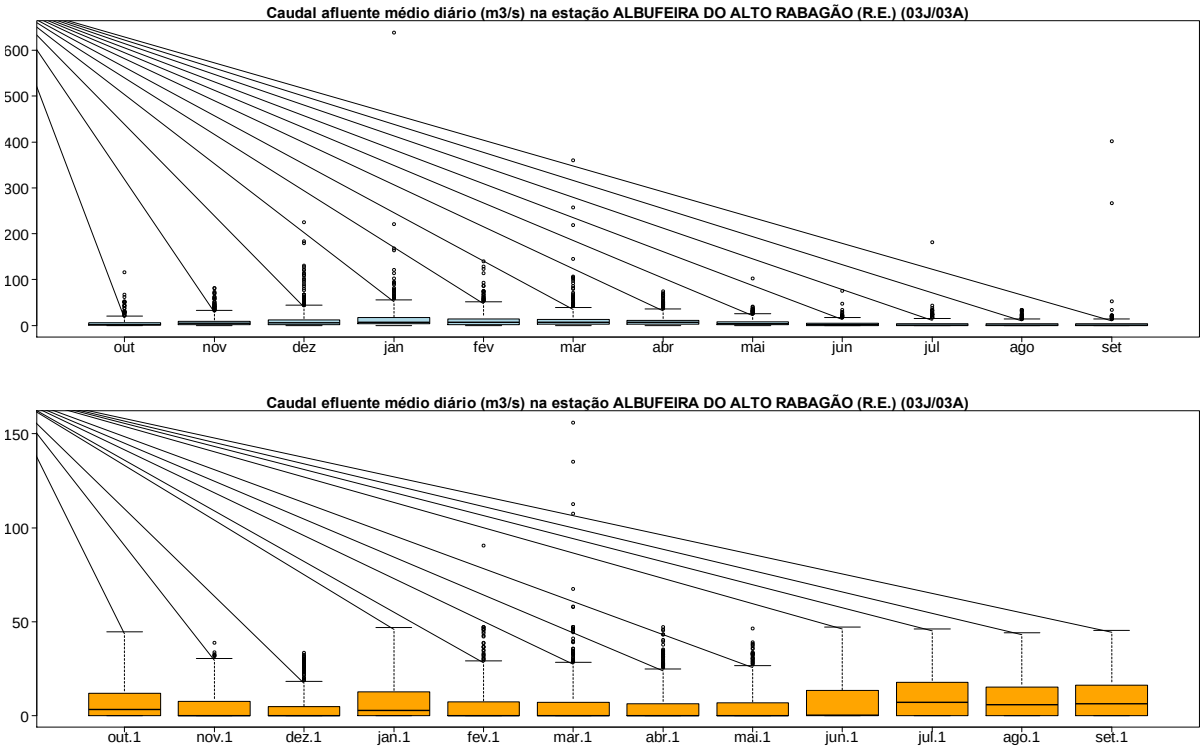


Figura 327 - Variabilidade mensal do caudal médio diário efluente na Albufeira do Alto Rabagão

Tabela 20 - Estatísticos básicos dos caudais afluente e efluente médio diários na estação hidrométrica Albufeira do Alto Rabagão

Mês	Caudal afluente (m³/s)				Caudal efluente (m³/s)			
	Nº dias	Média	Mínimo	Máximo	Nº dias	Média	Mínimo	Máximo
Out	634	5,36	0,00	115,89	641	7,81	0,00	44,46
Nov	615	9,41	0,00	81,47	621	5,39	0,00	38,65
Dez	597	14,61	0,00	225,18	608	4,31	0,00	33,46
Jan	676	15,09	0,00	638,95	668	8,37	0,00	46,91
Fev	590	13,71	0,00	139,88	605	6,19	0,00	90,52
Mar	644	13,09	0,00	359,80	654	6,75	0,00	156,08
Abr	642	10,32	0,00	74,69	656	5,13	0,00	47,00
Mai	636	6,63	0,00	102,77	641	5,22	0,00	46,43
Jun	594	3,81	0,00	75,69	602	8,03	0,00	47,00
Jul	606	3,71	0,00	181,70	619	11,19	0,00	46,04
Ago	652	2,82	0,00	33,92	653	9,21	0,00	43,99
Set	629	3,77	0,00	401,75	649	10,01	0,00	45,21
Out	7515	8,53	0.00	638,95	7617	7,30	0.00	156,08

Na Figura 327 mostra-se o volume afluente médio mensal à Albufeira do Alto Rabagão e na Tabela 20 mostram-se os respetivos estatísticos básicos. Para terminar a análise dos escoamentos, na Tabela 20 mostram-se as estimativas anuais do afluente à Albufeira calculados com base nos dados mensais extraídos da Base de Dados do SNIRH.

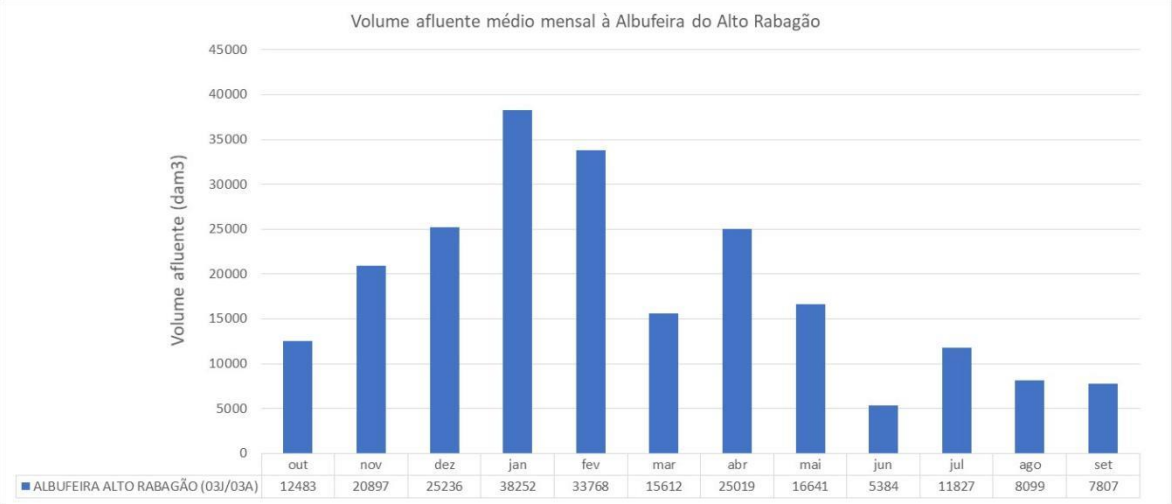


Figura 328 – Escoamento mensal acumulado nas estações hidrométricas selecionadas

Tabela 21 - Parâmetros de localização e de afluente mensal para a Albufeira do Alto Rabagão

Estação hidrométrica	Meses	Altitude (m)	Área drenada (km²)	Afluente mensal (dam³)				
				Máx	Média	Mediana	Desvio padrão	Coef. var
ALBUFEIRA DO ALTO RABAGÃO (R.E.) (03J/03A)	120	797	103,19	99611	19579	12429	19077	0,65

Tabela 22 - Volume de afluente anual médio (dam3) na estação Albufeira do Alto Rabagão (R.E.) (03J/03A)

Estimativa com	Afluente anual médio	ALBUFEIRA DO ALTO RABAGÃO (R.E.) (03J/03A)
Dados mensais	TOTAL (dam^3)	221 024
	POR ÁREA (dam^3/km^2)	2141,9

Estes dados permitem as seguintes interpretações:

(1) No período em análise (ver Figura 325), o volume armazenado na Albufeira foi sempre bastante significativo e só raramente desceu de metade da capacidade. Na maior parte do tempo o volume esteve contido no intervalo 300 000 e 500 000 dam^3. Desde 1987, em 8 anos a albufeira esteve quase à cota máxima, acima de 500 000 dam^3. Pelo contrário, só houve um ano onde o volume esteve abaixo de 200 000 dam^3.

(2) Relativamente aos caudais, o caudal afluente tem variações significativas ao longo do ano, sendo jan-fev os meses onde é maior e em jun-set os meses onde é menor. A série temporal mostra que nos meses de dezembro a março ocorrem com alguma frequência episódios de caudais anómalos e elevados (o máximo registado é de 638,95 m3/s no dia 11 janeiro de 2019), e ainda muito pontualmente em julho e setembro. Já o caudal efluente é mais estável todo o ano, fruto da gestão da Albufeira e das descargas. Nos meses de março estão registados alguns dias de caudais anómalos, tratam-se muito provavelmente de descargas feitas com a albufeira praticamente cheia e depois de episódios de chuva intensa.

(3) O troço rio Rabagão a jusante da Albufeira pode ser classificado como **perene** porque mesmo na estação seca mantém caudal ainda que reduzido.

O escoamento afluente anual médio para a Albufeira do Alto Rabagão foi estimado em 221 024 dam^3, e o volume de precipitação total anual na BH do Beça foi estimado em 160 169 dam^3. Estes valores não permitem o cálculo do coeficiente de deflúvio porque uma fração da água que chega à albufeira é proveniente de outras sub-bacias.

3.1.2.3. Bacias das ribeiras que enquadram a área de projeto

A área do projeto situa-se na margem direita do rio Beça, próximo da cabeceira da bacia do Beça. A cota máxima é de 1002 metros (marco geodésico na colina de Gateira) e a mínima de cerca de 820 metros (Corgo do Couce).

Do ponto de vista hidrológico, a área está repartida por 5 sub-bacias que drenam para o rio Beça (ver Figura 329): ribeira de Lamas a Norte, ribeira de Candedo a Oeste e a Sul, ribeira de Rebordelo a Este e mais duas pequenas ribeiras sem designação na carta militar. Na Tabela 23 mostram-se os parâmetros destas pequenas bacias.

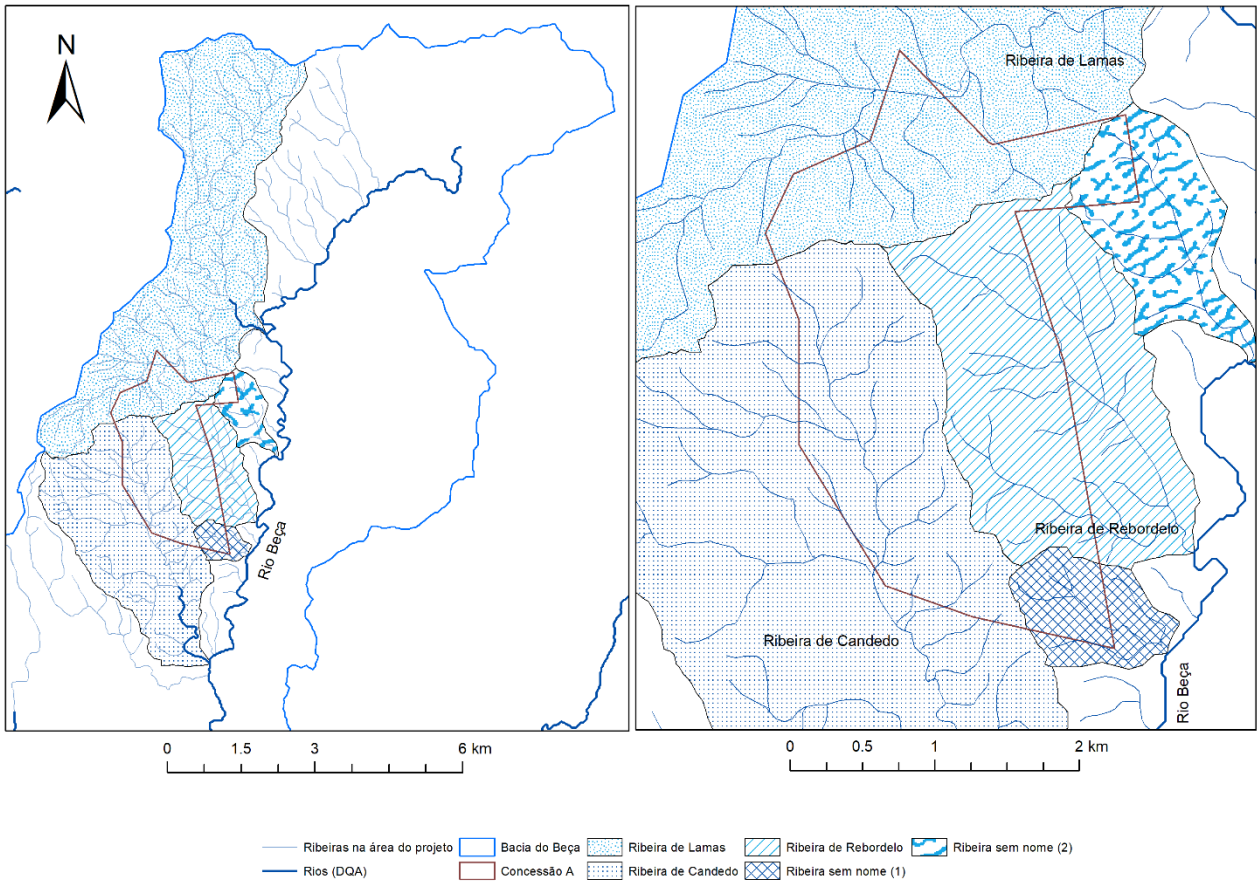


Figura 329 – Representação das bacias das ribeiras que intersectam a área do projeto

Tabela 23 - Listagem dos parâmetros das bacias das ribeiras que intersectam a área do projeto

Ribeira	Perímetro (km)	Área			
		Contida na área do projeto (km²)	Total (km²)	% da bacia contida na área projeto	Repartição da área do projeto (%)
Lamas	26,225	1,459	18,780	7,8	22,872
Candedo	15,377	2,365	10,240	23,1	37,098
Rebordelo	8,590	2,004	3,530	56,8	31,448
sem nome I	3,301	0,346	0,664	52,2	5,436
sem nome II	5,260	0,201	1,199	16,7	3,146
TOTAL		6,375			100,00

Estes dados mostram que:

(1) As bacias das ribeiras com maior área sobreposta com a área do projeto são, por ordem decrescente de importância, Candedo, Rebordelo e Lamas, já os potenciais regos (sem nome) têm pouco significado.

(2) A linha de cumeada entre as 3 ribeiras Rebordelo, Candedo e Lamas tem a forma de um "T" na área do projeto

(3) A rede de drenagem destas bacias mostra um desenvolvimento em árvore, com as linhas tributárias a distribuírem-se em todas as direções e segundo ângulos agudos. Trata-se de um **padrão dendrítico**.

(4) A bacia da ribeira de Lamas é a maior das cinco, e vai desde a área do projeto até à cabeceira da bacia do Beça; já a bacia da ribeira de Rebordelo é aquela com maior percentagem de área dentro da área do projeto, onde 56,8% do seu escoamento é proveniente das águas que precipitam no seu interior.

(5) De entre todas as linhas de água que circulam na área do projeto, existem duas que se destacam porque têm a maior acumulação (superior a 3 km^2): (a) um troço inicial da ribeira de Lamas a Norte e (b) um troço da ribeira de Candedo a Sudoeste. De entre estes dois, o troço de (b) é o que tem maior acumulação dentro da área do projeto.

3.2. Usos e Pressões nas Massas de Água de Superfície

3.2.1. Bacia do Beça

Para avaliar a pressão sobre o consumo de água na bacia do Beça, na Figura 330 mostra-se a ocupação da bacia segundo a Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) para 2018 da Direção-Geral do Território (DGT) e na Tabela 24 mostram-se as classes de ocupação do solo e as respetivas áreas em km^2 e em percentagem.

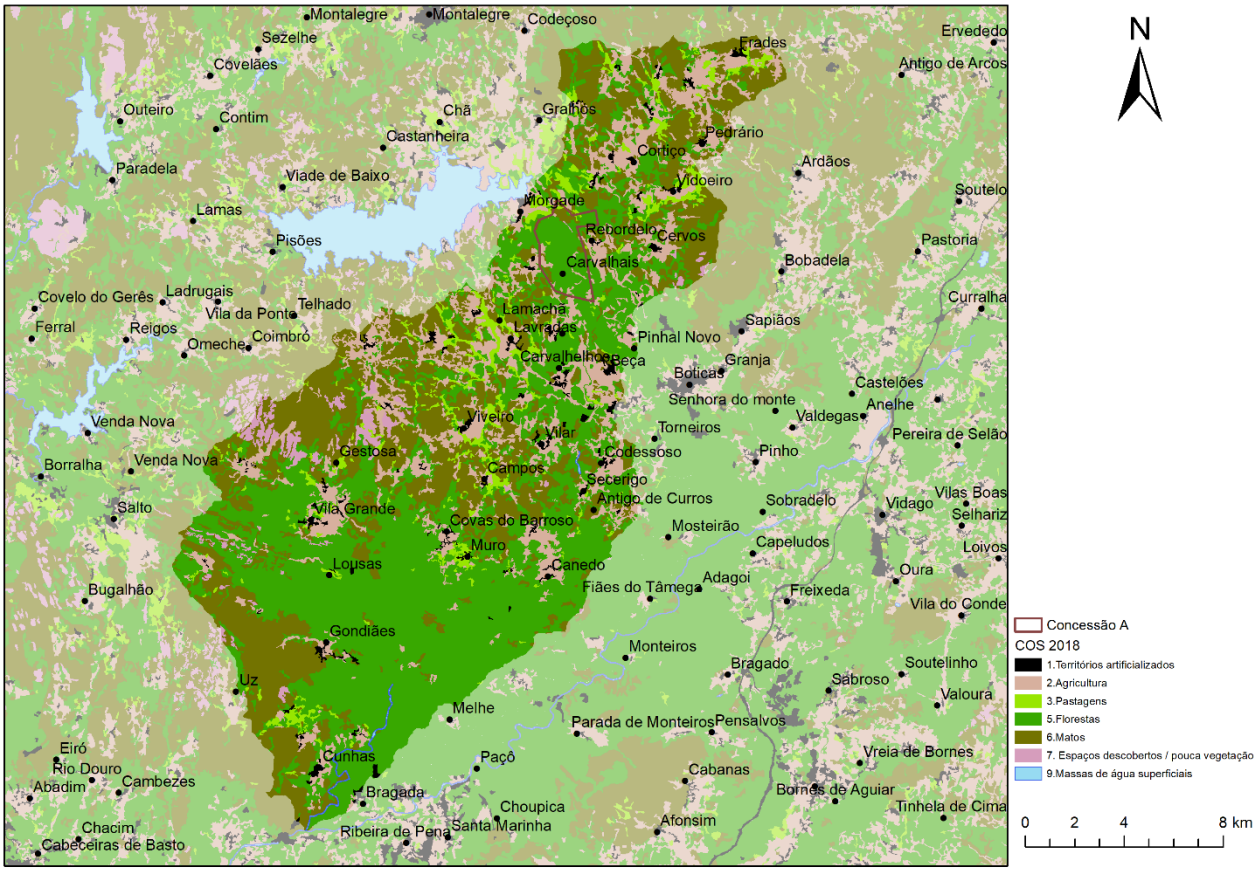


Figura 330 – Extrato da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) para 2018 da Direção-Geral do Território (DGT) para a bacia do Beça e localização da área do projeto

Tabela 24 - Área de cada classe de uso do solo na bacia do Beça

COS2018 (Uso do Solo)	#	Área (km²)	%
1. Territórios artificializados	125	5,058	1,500
2.Agricultura	483	53,300	15,810
3.Pastagens	212	14,665	4,350
5.Florestas	921	155,216	46,040
6.Matos	413	102,897	30,521
7.Espaços descobertos ou com pouca vegetação	57	5,587	1,657
9.Massas de água superficiais	3	0,410	0,122
		337,133	100

O uso e ocupação dominantes são: florestas (46%), matos (30%), e áreas agrícolas e pastagens (20%). As áreas artificializadas ou construídas ocupam cerca de 1,5% da área total, o que é indicador de uma **bacia com baixa densidade populacional e muito dispersa por pequenos aglomerados**.

Os concelhos que estão contidos na bacia hidrográfica do Beça são, por ordem de extensão em área, Boticas, Montalegre, Cabeceiras de Basto e Ribeira de Pena, estes dois últimos com

muito menor área. Na Tabela 25 listam-se as freguesias com as maiores áreas na bacia do Beça (designações de 2011), os concelhos e distritos a que pertencem, assim como o número de habitantes (Censos 2011).

Tabela 25 - Listagem de freguesias com as designações de 2011, concelhos e respetiva área e número de habitantes segundo o Censos de 2011

FREGUESIA	CONCELHO	DISTRITO	ÁREA BAC BEÇA (Km)	HAB
Alturas de Barroso	Boticas	Vila Real	28,91	399
Beça	Boticas	Vila Real	21,67	843
Canedo	Ribeira da Pena	Vila Real	29,60	390
Cerdedo	Boticas	Vila Real	11,09	145
Cervos	Montalegre	Vila Real	31,19	271
Chã	Montalegre	Vila Real	6,67	748
Codessoso	Boticas	Vila Real	7,94	132
Covas do Barroso	Boticas	Vila Real	30,70	262
Curros	Boticas	Vila Real	2,30	67
Dornelas	Boticas	Vila Real	36,37	338
Gondiães	Cabeceiras de Basto	Braga	21,86	227
Meixedo	Montalegre	Vila Real	0,81	209
Morgade	Montalegre	Vila Real	18,30	228
Negrões	Montalegre	Vila Real	3,52	177
Salto	Montalegre	Vila Real	13,52	1429
Santa Marinha	Ribeira da Pena	Vila Real	3,76	558
Santo Aleixo de Além-Tâmega	Ribeira da Pena	Vila Real	4,52	368
São Salvador de Viveiro	Boticas	Vila Real	17,72	293
Sarraquinhos	Montalegre	Vila Real	23,35	294
Vilar	Boticas	Vila Real	11,75	194
Vilar de cunhas	Cabeceiras de Basto	Braga	10,50	194
TOTAL			336	7766
				23,1

Estima-se que à data dos censos de 2011, habitassem no máximo 7 766 pessoas na bacia do Beça, o que corresponde à densidade populacional de 23,1 hab/km^2. Trata-se de um **Espaço de Ocupação Predominantemente Rural** porque: 1) tem densidade populacional igual ou inferior a 100 habitantes por Km^2; 2e 2) não integra um lugar com população residente igual ou superior a 2.000 habitantes.

Atualmente, com a desertificação que se verifica no interior, a população deverá ser inferior à de 2011.

Na bacia do Beça existem três aproveitamentos hidroelétricos (mini-hídricas), dois dos quais no rio Beça (Canedo e Bragadas) e outro no rio Covas (Covas do Barroso).

A barragem de Canedo localiza-se entre as povoações de Vilar e Secerigo, no Concelho de Boticas, e foi inaugurada em 22 maio 2009, sendo por isso a mais recente das três mencionadas. Na margem direita da barragem existe uma passagem de peixes constituída por 27 bacias que permitem vencer o desnível de 6,75 m entre a soleira da tomada de água à cota 713,25 m e a restituição à cota 706,5 m. O aproveitamento é constituído por um ponte açude no rio Beça, um circuito hidráulico com cerca de 5,5 km de extensão e uma central hidroelétrica. A albufeira tem um volume útil de 70 000 m^3 de água e uma potência instalada de 10 MW (produção anual de 25 gigawatts), que é energia suficiente para abastecer uma povoação de 26 mil habitantes.

O aproveitamento hidroelétrico de Bragadas localiza-se próximo das povoações de Bragadas e Viela, concelho de Ribeira da Pena e entrou em serviço em novembro de 1999. A potência total instalada é de 10 gigawatts e a capacidade da albufeira é de 90 600 m^3.

O Aproveitamento Hidroelétrico de Covas do Barroso iniciou a sua exploração em 1996 e situa-se na confluência dos rios Covas e Couto, no concelho de Boticas. Possui dois grupos turbina-gerador. Tem capacidade para a produção anual entre 14 e 19 GWh dependendo da pluviosidade.

Em suma, o rio Beça e toda a bacia apresenta, em geral, boas condições ambientais devido aos **baixos níveis de pressão antrópica**, e onde os principais usos da água são a agricultura. A partir de 1996, a construção de três açudes para irrigação e geração de energia hidroelétrica resultou na regulação dos fluxos dos rios e na perda da conectividade natural do sistema aquático.

3.2.2. Albufeira do Rabagão

Para analisar os usos da água na albufeira do Rabagão utilizaram-se dados do SNIRH de consumos para produção de energia elétrica e para usos gerais (consumo humano e agricultura). Está disponível informação entre janeiro de 1990 e janeiro de 2009. Na Figura 331 mostram-se os dados dos consumos de água mensal (dam^3) para a produção de energia elétrica e na Figura 332 para os usos gerais.

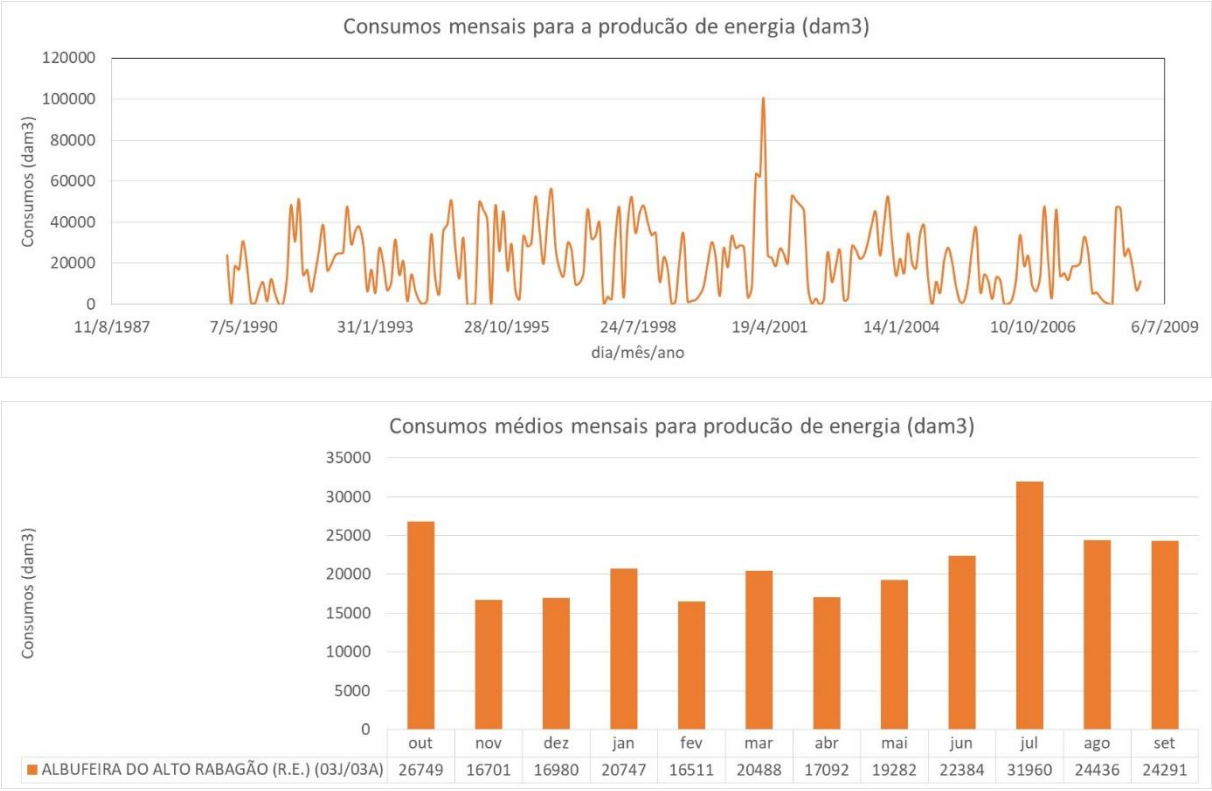


Figura 331 – Série temporal dos consumos mensais de água para a produção de energia e consumos médios mensais para a produção de energia

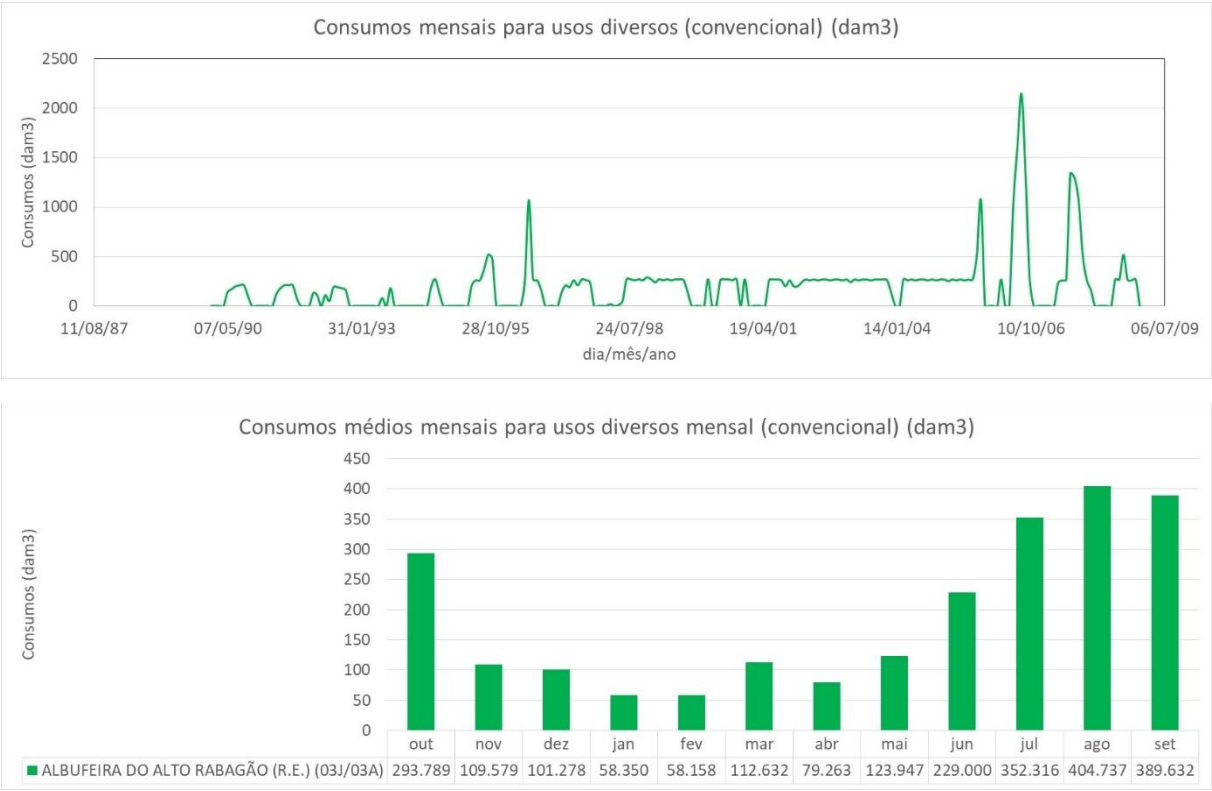


Figura 332 – Série temporal dos consumos mensais de água para usos diversos

Estes dados permitem afirmar que:

(1) As séries temporais disponíveis no SNIRH são limitadas no tempo e os dados mais recentes são de 2009, todavia importa registar que ao longo do período onde existem dados disponíveis as diferenças entre os anos em analise relativas à produção de energia são baixas, embora no caso dos consumos diversos existam picos de uso nos anos mais recentes com registos.

(2) A estimativa anual feita com estes dados regista 257 622 dam^3 para a produção de energia elétrica e 2 313 dam^3 para consumos gerais, ou seja, o consumo geral de água representa uma fração muito pequena da ordem de 0,9% relativamente à água turbinada.

(3) Ao longo do ano, o consumo de água para a produção de energia elétrica é sensivelmente constante, já no que respeita aos outros usos o consumo de água inicia acentuado crescimento em maio e tem os valores mais altos em agosto e setembro. O consumo nestes meses é cerca de oito vezes mais relativamente a fevereiro.

3.3. Avaliação de Impactes – Recursos Hídricos Superficiais

3.3.1. Aspetos Quantitativos – Balanços hídricos nas diferentes bacias afetadas. Alterações de escoamento com introdução das novas infraestruturas.

O complexo mineiro é constituído por uma escavação a céu-aberto que depois se desenvolve em subterrâneo nos anos subsequentes, por áreas de deposição de rochas estéreis e lamas e por infraestruturas industriais fixas e vias de circulação pavimentadas.

Conforme foi descrito no subcapítulo 3.1.2.3, a área licenciada está repartida por 5 sub-bacias que drenam para o rio Beça, todavia 3 delas detêm a maior parte da área. É importante realçar que toda a área licenciada está na cabeceira destas sub-bacias, ou seja, na área concessionada ocorrem exclusivamente linhas de água de primeira ordem que depois desaguam na cabeceira do Rio Beça. A rede de drenagem no interior da área concessionada é assim pouco expressiva, e importa referir que não há nenhum escoamento significativo que tenha origem fora da área licenciada e que a percorra e drene para o exterior.

Os impactes nos recursos hídricos são unicamente provenientes de pequenas alterações e muito localizadas nestas linhas de água de primeira ordem, principalmente devido às

escavações e instalação de áreas construídas. Em particular, a área onde será instalada a corta não está próximo de nenhum talvegue, por isso não são espectáveis alterações no escoamento superficial, mesmo em períodos de intensa pluviosidade.

Esta situação torna a área concessionada bastante favorável do ponto de vista dos recursos hídricos superficiais, e potenciam que o **complexo mineiro possa ser autossuficiente em água**, e que apenas uma pequena fração da água que circula no complexo possa passar para o exterior no caso de eventos de pluviosidade mais elevada.

O equilíbrio no balanço hídrico poderá ser alterado aquando da exploração em subterrâneo, podendo gerar um maior excesso de água em alguns meses do ano que necessite de ser passado para o exterior do perímetro da concessão mineira.

3.3.2. Aspetos Qualitativos – Pontos de descarga no meio hídricos. Volumes e caracterização do efluente descarregado.

Do ponto de vista dos recursos hídricos superficiais, a localização do complexo e Mina do "Romano" é privilegiada, e não são de esperar quaisquer alterações nas linhas de água.

A impermeabilização resultante quer das vias de circulação quer das diversas áreas industriais e áreas construídas será sempre uma fração muito pequena na área total da bacia, e o impacte global é residual a nulo.

Em resumo, prevê-se que **a implementação do projeto não origine impactes significativos no escoamento superficial nem na infiltração**.

3.3.3. Medidas de Minimização e recomendações

De forma a minimizar todos os impactes na água superficial, preconizam-se as seguintes medidas de minimização:

1. Deve-se, na medida do possível, tornar o complexo mineiro autónomo em termos das necessidades da água, minimizando a exportação de água para o exterior do perímetro do complexo, e para essas águas deverá ser instalado um sistema de monitorização dos principais parâmetros de qualidade como o pH e os SST.

2. Deverá ser monitorizado em continuo o balanço hídrico no local, assim como as trocas de água na fronteira do complexo mineiro, devendo-se instalar sistemas de medição de caudais nas linhas de água que cruzam fronteiras;

3. As áreas de deposição de resíduos de rocha e lamas deverão estar delimitadas por valas de receção das águas de escorrência, e estas águas devem ser monitorizadas periodicamente;

4. Não é previsível existir contaminação da água devido aos equipamentos ou às centrais de processamento, o único impacte expectável na qualidade da água superficial relaciona-se com o aumento de partículas sólidas em suspensão, quer resultantes dos movimentos de terreno quer resultante das operações de carga e transporte dos minérios e estéreis. Esta água, com elevada carga de sólidos em suspensão, deverá ser purgada dos sólidos em suspensão e de eventuais hidrocarbonetos das máquinas antes de poderem ser devolvidas às linhas de água.

3.3.4. Determinação dos Caudais Ecológicos nos pontos Moinho do Inferno e Carvalhosa

No capítulo *5 - ORIGENS DA ÁGUA PARA SUPRIMENTO DAS NECESSIDADES HÍDRICAS DA MINA DO "ROMANO" E DO COMPLEXO DE ANEXOS MINEIROS*, é proposta a utilização de captações superficiais nos pontos identificados como *Moinho do Inferno* e *Carvalhosa*. Para determinar o Caudal Ecológico nestes pontos, utilizou-se o método do INAG, porque é o que se mostrou mais adequado para as séries temporais disponíveis nas estações hidrométricas da região.

Este método foi proposto em 2002 por ALVES e BERNARDO (ver DSP, 2002, pp. 3.1 a 3.27) e destina-se a determinar o regime de caudal ecológico, a jusante de aproveitamentos hidráulicos, que mimetiza o regime natural ao longo do ano.

Este método utiliza como referência os caudais diários na linha de água em estudo e preconiza que o caudal ecológico deve ser superior ou igual ao que é verificado num determinado número de dias (em percentagem) ao longo do ano. As percentagens variam por região do país e por mês. Tabela 26 mostram-se as percentagens de referência para os cálculos do caudal ecológico para a região a norte do Rio Tejo e para os meses de outubro a setembro. Por exemplo, no mês de setembro o caudal ecológico q_{75} é o valor de caudal onde em média em 75% dos dias o caudal é superior.

Tabela 26 - Percentagem de dias para avaliação do caudal ecológico para cada mês

Mês	Percentagem de dias para a definição do caudal ecológico
Out	q_{75}
Nov	q_{75}
Dez	q_{75}
Jan	q_{75}
Fev	q_{90}
Mar	q_{90}
Abr	q_{90}
Mai	q_{90}
Jun	q_{90}
Jul	q_{75}
Ago	q_{75}
Set	q_{75}

Para avaliar o regime de caudal hidrológico nos pontos *Moinho do Inferno* e *Carvalhosa* pelo método do INAG, recolheu-se no site do SNIRH a série temporal de caudais médios diários da estação hidrométrica mais próxima VALE GIESTOSO (R.E.) (03K/01H), que se localiza ligeiramente a jusante da área de estudo e já no rio Beça. No SNIRH encontram-se caudais médios diários (em m3/s) e a estação é representativa de uma área de acumulação de 77,72 km^2.

Os pontos *Moinho do Inferno* e *Carvalhosa* representam, áreas de acumulação muito localizadas de 3,306 e 0,664 km^2 nas imediações da Concessão mineira e não existem nestes pontos registos de caudais. Assim, para estes 2 pontos em análise os valores do caudal ecológico foram obtidos por proporção de áreas relativamente à área de drenagem da estação VALE GIESTOSO. Os resultados desta avaliação estão listados na Tabela 27 e na Figura 333.

Tabela 27 - Resultados dos caudais ecológicos obtidos para os pontos VALE GIESTOSO, Moinho do Inferno e Carvalhosa com o método do INAG

Mês	Caudal médio (m^3/h)			Caudal ecológico (m^3/h)			Percentagem	
	VALE GIESTOSO (SNIRH)	MOINHO DO INFERNO	CARVA-LHOSA	*VALE GIESTOSO*	MOINHO DO INFERNO	CARVA-LHOSA	Média do mês	Média do ano
Out	2200	94	19	684	29,1	5,8	31,1	11,1
Nov	5463	232	47	1224	52,1	10,5	22,4	19,8
Dez	11321	482	97	1872	79,6	16,0	16,5	30,3
Jan	13103	557	112	2961	**126,0**	**25,3**	22,6	47,9
Fev	14089	599	120	1872	79,6	16,0	13,3	30,3
Mar	10272	437	88	2088	88,8	17,8	20,3	33,8
Abr	7242	308	62	2304	98,0	19,7	31,8	37,3
Mai	4824	205	41	1800	76,6	15,4	37,3	29,1

Jun	2875	122	25	1008	42,9	8,6	35,1	16,3
Jul	1329	57	11	720	30,6	6,2	54,2	11,6
Ago	708	30	6	396	**16,8**	**3,4**	56,0	6,4
Set	770	33	7	432	18,4	3,7	56,1	7,0

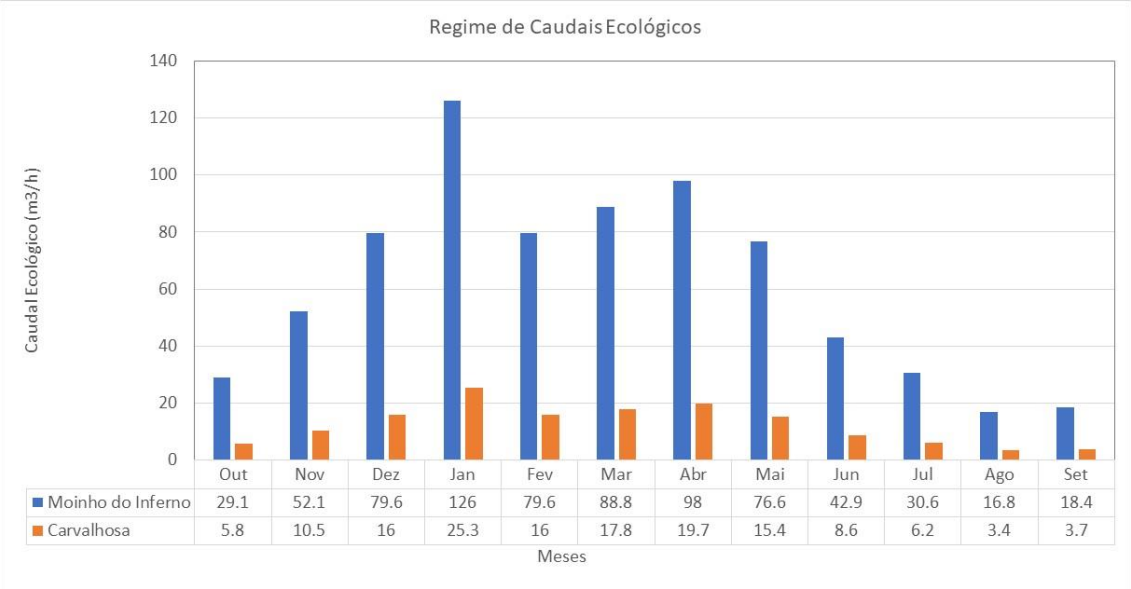


Figura 333 – Resultados dos caudais ecológicos para os pontos Moinho do Inferno e Carvalhosa

Estes dados mostram que para o ponto *Moinho do Inferno* o caudal ecológico varia entre 16,8 m^3/h em agosto e 126 m^3/h em janeiro, já no ponto *Carvalhosa* estes valores descem para 25,3 e 3,4 m^3/h nos mesmos meses.

Relativamente aos valores médios anuais, o caudal ecológico varia entre 6,4% para o mês de agosto (mês onde os caudais são menores) e 47,9% para janeiro (mês com maiores caudais).

4. Necessidades Hídricas da Mina do "Romano" e do CAM

4.1. Introdução

A Mina do "Romano", assim como o CAM que lhe está associado, vão necessitar de diversas tipologias de água, em determinadas quantidades, as quais serão devidamente descritas a seguir.

As quantidades de água necessárias aos diversos processos da Mina e do CAM, bem como as características necessárias aos mesmos, eficiências hídricas, reciclagens e reutilizações passiveis de ser executadas foram obtidas a partir dos dados disponibilizados pelas empresas projetistas das diferentes especialidades, nomeadamente da *SRK* – Mina -, *OUTOTEC* – Concentrador -, *HATCH* – Refinaria – após a validação por parte da *LUSORECURSO PORTUGAL LITHIUM S.A.*, desses mesmos dados e de necessidades adicionais.

4.2. Caracterização Qualitativa das Necessidades de Água do Complexo

No complexo mineiro e seus anexos industriais serão necessárias as seguintes tipologias de água:

(a) *ÁGUA INDUSTRIAL (AI)* – Esta água será produzida a partir da água bruta, a seguir descrita, após esta passar por um processo de tratamento numa unidade especializada, chamada de estação de tratamento de águas industriais *(ETAI*), a fim de corrigir o pH, baixar a turvação, remover SST, remover metais complexáveis, corrigir eventuais agressividades e corrosividades químicas e clorar a água com hipoclorito para a desinfetar.

Esta água servirá para alimentar as diversas unidades da mina e do CAM, ser utilizada como descarga nos aparelhos sanitários dos diversos WCs ligados à rede de saneamento de esgotos domésticos, realizar os serviços de limpeza, servir como hidrante nas bocas de incêndios e ainda servir para irrigar espaços verdes, em caso de necessidade.

(b) *ÁGUA REUTILIZADA (AR)* – Água com origem nos processos da Mina e do CAM, nomeadamente as águas retiradas da exploração da própria mina, após tratamento na *ETAM (ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS MINEIRAS)* a construir, bem como a água originada na *ETARI (ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS)* a

construir, proveniente do Concentrador, a qual apresentará características físico-químicas suficientemente aceitáveis para poderem ser tratada na *ETAI (ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS INDUSTRIAIS)* a construir, permitindo a produção de uma água com características compatíveis com os equipamentos da mina e infraestruturas industriais anexas, por forma a não danificar os mesmos quando utilizada. Em termos práticos, esta *AB* deverá apresentar pH entre 5 e 9, condutividade inferior a 600 uS, turvação inferior a 30 NTUs, SST inferiores a 30 mg/ l, isenção de metais pesados bem como outras características que possam afetar os equipamentos e infraestruturas do complexo.

(c) *ÁGUA BRUTA (AB)* – Água com origem natural, proveniente do interior do perímetro da Mina do "Romano" e do CAM, ou com origem exterior, nomeadamente da albufeira do Alto Rabagão. Exige-se que tenha abundância suficiente para alimentar as necessidades de todo o complexo e que tenha baixos custos de captação. Em termos de qualidade, exige-se que tenha características aceitáveis para poder ser tratada na *ETAI* (ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS INDUSTRIAIS) a construir, permitindo a produção de uma água com características compatíveis com os equipamentos da mina e infraestruturas industriais anexas, por forma a não danificar os mesmos quando utilizada. Em termos práticos, esta *AB* deverá apresentar pH entre 5 e 9, condutividade inferior a 600 uS, turvação inferior a 30 NTUs, SST inferiores a 30 mg/ l, isenção de metais pesados bem como outras características que possam afetar os equipamentos e infraestruturas do complexo.

(d) *ÁGUA POTÁVEL (AP)* – Esta água será fornecida a partir da adutora das Águas do Norte, S.A., a qual será fornecida em ponto a designar pela empresa gestora, previsivelmente na zona do Barracão.

Esta água servirá para alimentar as zonas de utilização de água potável, tais como bebedouros, águas de duches e lavatórios dos WCs.

4.3. Caracterização Quantitativa das Necessidades de Água do Complexo

As necessidades de água na mina e no CAM são as seguintes:

(a) *ÁGUA INDUSTRIAL (AI)* – Têm-se então como necessidades de ÁGUA INDUSTRIAL (*AI*)

as seguintes quantidades:

. Mina	- 700 m^3/dia
. Concentrador	- 6.000 m^3/dia
. Refinaria	- 2.000 m^3/dia
. Regas Internas + Lavagens + Descargas Wc	- 150 m^3/dia

Total das necessidades de *AI* – 8.850 m3/dia x 1.10 (majoração de 10%) = 9.735 m3/dia

PARA EFEITOS DE CÁLCULO DE PROJETO CONSIDERA-SE O VALOR DE 10.000 m3/dia.

A partir deste caudal diário vai-se constituir o Volume de água permanente para Incêndio, que se estima ser, utilizando os indicadores disponíveis no DR 23/95, de 23 de agosto, para reserva de incêndios em área industrial, considerando-se de Grau 5 - 100l/s durante 2h – **720 m3/dia.**

Este volume vai ser armazenado em permanência na infraestrutura da rede de incêndio, pelo que não entra na contabilização das entradas como *AI* necessária diariamente.

(b) *ÁGUA REUTILIZADA (AR)* – As águas produzidas nos processos mineiro e industrial passiveis de serem reutilizadas, após o respetivo tratamento, são as seguintes:

- *Água da Mina*: Esta água, calcula-se a como sendo idêntica à *AI* incorporada no processo, correspondendo a 700 m^3/dia de água passível de ser reutilizada diariamente.

- *Água do Concentrador*: Esta água, calcula-se a como sendo idêntica à *AI* incorporada subtraída de 1.000 m^3/dia, os quais correspondem a incorporações e perdas do processo do Concentrador, correspondente a um total de 5.000 m^3/dia de água passível de ser reutilizada diariamente.

- O somatório das duas parcelas referidas atrás dá 5.700 m^3/dia de água que poderá ser reutilizada no processo de produção de *AI*.

(c) *ÁGUA BRUTA (AB)* – As necessidades de *AB*, isto é, de água nova captada de fontes

exteriores aos processos da mina e do CAM, calculam-se a partir da diferença entre a *AI* necessária e a *AR* produzida, i.e.,

AB = AI – AR

Desta forma tem-se

AI = 10.000 m^3/ dia

AR = 5.700 m^3/dia

Pelo que

*AB = (*10.000 m^3/ dia) – (5.700 m^3/dia) = 4.300 m^3/dia

Total das necessidades de *AB* – 4.300 m3/dia x 1.10 (majoração de 10%) = 4.730 m3/dia

PARA EFEITOS DE CÁLCULO DE PROJETO CONSIDERA-SE O VALOR DE 5.000 m3/dia.

(d) *ÁGUA POTÁVEL (AP)* – De acordo com os dados fornecidos, tem-se que

Necessidades de ÁGUA POTÁVEL (AP)

- Zonas sociais da Mina e do CAM –

- 500 trabalhadores x capitação de 100 L/ Hab. Dia = 50m^3/dia

Total das necessidades no ano 0 = 50 m^3/dia

Considerando que as necessidades no ano horizonte sofrerão pelo menos um aumento de 50% das necessidades do início do HP, logo de 100 m^3/dia, propõe-se que se considere um fator de segurança de 100% e que estipule uma necessidade total de água potável **de 200 m3/dia.**

DESTA FORMA O VALOR A CONSIDERAR PARA PROJETO É DE 200 m3/dia

Na Tabela 28 listam-se os quantitativos de água necessários por tipologia conforme descritos nos pontos anteriores.

Tabela 28 - Quadro síntese das necessidades/Reutilização hídricas do complexo mineiro e dos seus anexos

DESIGNAÇÃO	NECESSIDADES/ REUTILIZAÇÃO HÍDRICAS (m3/dia)
ÁGUA INDUSTRIAL (AI)	10.000
ÁGUA REUTILIZADA (AR)	5.700

ÁGUA BRUTA (AB)	5.000
ÁGUA POTÁVEL (AP)	200

5. Origens da Água para suprimento das necessidades hídricas da Mina do "Romano" e do CAM

5.1. Introdução

Para fazer face às necessidades hídricas da Mina do "Romano", assim como o seu Complexo de Anexos Mineiros, de tipo industrial e administrativo, torna-se necessário buscar, nas imediações, de preferência dentro do perímetro licenciado para a exploração mineira e anexos, as origens da água que não sejam cobertas pelas águas reutilizadas, como analisado no capítulo anterior e que são basicamente constituídas por duas componentes:

- A Água Bruta *(AB)*,
- A Água Potável (*AP*).

As principais origens possíveis de utilizar são as seguintes:

- Captação na albufeira do Alto Rabagão;
- Captação de águas subterrâneas;
- Captação a partir das áreas impermeabilizadas previstas para todo o complexo mineiro e seus anexos;
- Captação a partir da adutora das Águas do Norte que passa na EN 103;
- Captação a partir da interceção de escoamentos superficiais existentes no perímetro concessionado à exploração e ao Complexo de Anexos Mineiros.

5.2. Análise discreta das principais origens possíveis

Relativamente às principais origens possíveis para abastecer de água a Mina e o CAM, são de referir as seguintes considerações:

a) Captação na albufeira do Alto Rabagão - A barragem do Alto Rabagão também conhecida por Barragem dos Pisões, está localizada no município de Montalegre, distrito de Vila Real. É alimentada pelo rio Rabagão. É uma barragem de construção mista uma parte do tipo arco e outra do tipo gravidade. Foi concluída em 1964. Tem uma altura de 94 m e um comprimento de coroamento de 1.970 metros. Tem uma capacidade de descarga máxima de 500 m³/s.

A sua albufeira possui uma área de cerca de 2.200 hectares e uma capacidade de 569 hm³, com

um volume morto (não utilizável) de 10,77 hm³ (Ver o ponto *3.1.2.2. Bacia da Albufeira do Alto Rabagão*).

Dada a enorme capacidade de armazenamento desta albufeira e a disponibilidade de água durante todo o ano, a mesma **oferece garantias de ser uma origem de recurso passível de satisfazer as necessidades hídricas totais do presente projeto durante todo o ano**. Essas garantias são reforçadas pelo facto do grupo Águas de Portugal ter aí construído uma captação, conhecida por ETA do Alto Rabagão, com uma capacidade permanente de produção de 828 m^3/h de água potável, com capacidade para de abastecer 104 461 habitantes.

No entanto, e para reforçar mais a viabilidade desta origem, atente-se ao facto de que, de acordo com a Figura 325, o volume mínimo de armazenamento atingido na albufeira ter sido de 150.000 dam^3, no ano de 1998, tendo-se verificado sempre volumes superiores de armazenamento a partir daí, **mesmo** com os consumos relevantes da EDP, constantes da Figura 331, cujo pico médio é de 30.000 dam^3, no mês de julho e os usos diversos que, de acordo com a Figura 332, atingem o seu pico médio no mês de outubro com um consumo de 400 dam^3. **Avalia-se esta origem como VIÁVEL.**

Desta forma deverá ser projetada e construída uma estrutura de captação adequada, possivelmente do tipo jangada, a qual estará conectada a uma estrutura de apoio na margem, aonde será albergada a casa de eletrificação, controlo e comando, bem como instalados alguns órgãos hidráulicos de manobra e proteção, seguindo depois em conduta enterrada em vala, provavelmente ao lado e/ou em implantação sobre estrada M – 525, até á entrada no reservatório de água bruta, a seguir descrito.

Figura 334 – Vista da albufeira do Alto Rabagão

b) Captação de Águas Subterrâneas – A captação por furos artesianos verticais, ou outra forma de explorar os recursos hídricos subterrâneos, dentro do perímetro de exploração, bem como nas suas imediações, não será considerada nesta fase para efeito de alimentação da instalação pois os dados disponíveis não permitem a quantificação das disponibilidades. No entanto, caso durante as fases posteriores do projeto ou durante a exploração se identifiquem recursos disponíveis estes poderão vir a ser utilizados.

Figura 335 – Aspeto da execução de uma perfuração para exploração de águas subterrâneas

c) Captação a partir das áreas impermeabilizadas previstas para todo o complexo mineiro e o Complexo de Anexos Mineiros – A captação de águas resultantes do escoamento de águas pluviais nas superfícies impermeabilizadas, sejam telhados ou terreiros, **afigura-se como potencialmente VIÁVEL**, quer pela quantidade de água potencial - ver o capítulo anterior referente à hidrologia superficial - quer pela sua qualidade, purgada de eventuais hidrocarbonetos, no caso de terreiros adstritos a parques de viaturas ou maquinaria, e de sólidos em suspensão, no caso das águas serem provenientes do complexo mineiro propriamente dito. Estas águas podem ser armazenadas em reservatórios abertos de água bruta, previstos para a área concessionada, aproveitando os picos de pluviosidade, confirmando o cunho da sustentabilidade que se pretende imprimir ao presente projeto.

Figura 336 – Aspeto da coleta de águas pluviais a partir de uma área impermeabilizada

Seguidamente vai aferir-se da veracidade da viabilidade deste recurso:

Verificação da Premissa:

Utilizando os caudais médios diários (m3/s) nas estações hidrométricas de Vale Giestoso e Cunhas, referidos no capítulo *3 – RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS*, do presente estudo, tem-se que,

- Dividindo os **caudais médios diários** pelas **áreas** de cada uma das sub-bacias, respetivamente do Vale Giestoso, com 77,72 km 2; e da estação de Cunhas, com 337,28 km2; obtém-se os caudais médios diários por unidade de área, (convertido em m3 / dia.m2), indicados na Tabela 29.

- Fazendo a média dos dois valores para os caudais médios diários de cada uma das sub-bacias do Vale Giestoso e da estação de Cunhas, obtemos o valor final para o cálculo a utilizar no interior do perímetro da exploração do Romano, chamado de caudal diário por m^2 real ($\mathbf{Q}_{\mathbf{REAL}}$), igualmente indicados na Tabela 29.

Tabela 29 - Quadro com os caudais médios diários por unidade de área (Qua) (convertido em m3 / dia.m^2)

MÊS	Q_{ua} Vale Giestoso (m3/dia.m2)	Q_{ua} Cunhas (m3/dia.m2)	Q_{REAL} (m3/dia.m2)
Out	6,7812661E-04	1,0682163E-03	8,7317146E-04
Nov	1,6897581E-03	2,4130930E-03	2,0514255E-03
Dez	3,4906845E-03	4,2318786E-03	3,8612815E-03
Jan	4,0465260E-03	4,8646110E-03	4,4555685E-03
Fev	4,3466804E-03	4,7262808E-03	4,5364806E-03
Mar	3,1682964E-03	3,6273245E-03	3,3978105E-03
Abr	2,2344828E-03	2,4156546E-03	2,3250687E-03
Mai	1,4896552E-03	1,6625237E-03	1,5760894E-03
Jun	8,8934637E-04	9,4525617E-04	9,1730127E-04
Jul	4,1132270E-04	3,8425047E-04	3,9778659E-04
Ago	2,2233659E-04	1,8700190E-04	2,0466925E-04
Set	2,3345342E-04	2,7153700E-04	2,5249521E-04

Uma vez que estes volumes de coleta foram calculados a partir dos volumes escoados, estão afetados por um defeito resultante de perturbações, tais como interceções com a vegetação e edificações que a água vai encontrando quando a chuva atinge a superfície terrestre, assim como das infiltrações da água da chuva no solo. Desta forma, os valores atrás utilizados contabilizam somente a quantidade de excedente da água que precipita que escoa na superfície. Portanto, neste caso, uma vez que estamos coletando água diretamente das estruturas impermeáveis, na sua maioria, com algumas exceções de terrenos parcialmente impermeabilizados, tais como a corta da mina e as escombreiras, teremos de majorar os valores calculados.

Para se realizar esse cálculo terá, em primeiro lugar, de se calcular o coeficiente de deflúvio.

Para tal vamos utilizar o valor de 0,589, o qual é o atualmente considerado ajustado para as condições do terreno da bacia do Bessa (Ver o ponto 3.1.2.1 número 5 no capítulo *3 - RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS*).

Portanto estima-se que 60% do volume precipitado escoa superficialmente na bacia do Bessa.

Desta forma considera-se que 40% da água vai ser intercetada ou infiltrada ou de outra forma

perdida, após a precipitação.

Neste caso estima-se que se vai conseguir aproveitar 15% dos 40% atrás referidos como perdidos, uma vez que se trata de áreas predominantemente impermeabilizadas, obtendo-se um rendimento de 60% (percentagem devida ao coeficiente de deflúvio), adicionado de 15%, correspondendo a um total de 75% de aproveitamento da precipitação que incide na superfície do terreno.

Assim obtêm-se os valores para os CAUDAIS DE PROJETO (Q_{PROJ}), através da seguinte expressão:

$$Q_{PROJ} = 0{,}75/ Df \times Q_{REAL}$$

Sendo,

Q_{PROJ} – Caudal de projeto, a utilizar para calcular os volumes a recolher nas superfícies impermeabilizadas

Q_{REAL} – caudal real obtido a partir das médias das escorrências referidas na Tabela 29

Df - Coeficiente de deflúvio, que neste caso é 60%

Utilizando esta expressão, obtêm-se os caudais de projeto em médias mensais para o cálculo posterior do rendimento hídrico das zonas impermeabilizadas, apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Quadro com os caudais médios mensais a coletar nas áreas impermeabilizadas (QPROJ em m3/dia.m2), obtidos a partir dos valores médios mensais da média dos caudais observados nas sub – bacias de Cunhas e de Vale Giestoso (Q REAL em m3/dia.m^2)

MÊS	Q_{REAL} (m3/dia.m2)	Q_{PROJ}(m3/dia.m2)
Outubro	8,7E-04	1,1E-03
Novembro	2,1E-03	2,6E-03
Dezembro	3,9E-03	4,8E-03
Janeiro	4,5E-03	5,6E-03
Fevereiro	4,5E-03	5,7E-03
Março	3,4E-03	4,2E-03
Abril	2,3E-03	2,9E-03
Maio	1,6E-03	2,0E-03
Junho	9,2E-04	1,1E-03
Julho	4,0E-04	5,0E-04
Agosto	2,0E-04	2,6E-04
Setembro	2,5E-04	3,2E-04

Tabela 31 - Listagem das principais infraestruturas e respetivas áreas impermeabilizadas no Complexo Mineiro do Romano

Designação da Infraestrutura	Área Impermeabilizada (m^2)
Complexo Anexo Mineiro	**105.000**
Escombreira Oeste	**380.000**
Escombreira Este	**347.000**
Área Mineira	**265.000**
Oficinas + Britagem	**48.000**
Reservatórios Abertos de Água Bruta	**96.300**

Seguidamente, na Tabela 32, indicam-se as quantidades coletadas pelas áreas impermeabilizadas, por valor médio diário, em cada mês, recorrendo à fórmula:

$$Q_c = Q_{PROJETO} \times A_T$$

Sendo

Q_c - Caudal médio coletado diariamente em cada mês

$Q_{PROJETO}$ - Caudal diário por m2 de projeto em cada mês

A_T - Área impermeabilizada por INFRAESTRUTURA (Constantes na Tabela 31)

Tabela 32 - Quadro com os volumes a coletar, VCOL, por cada área impermeável (m3 / dia), considerando o valor de deflúvio e um fator de correção de 15%

MÊS	Q PROJ (m3/dia.m2)	V_{COL} CAM (m3/dia)	V_{COL} Escombreira Poente (m3/dia)	V_{COL} Escombreira Nascente (m3/dia)	V_{COL} Área Mineira (m3/dia)	V_{COL} Oficinas + Britagem (m3/dia)	V_{COL} Reservatório Abertos AB (m3/dia)	V_{COL} TOTAL (m3/dia)
Out	1,1E-03	115	415	379	289	52	105	**1355**
Nov	2,6E-03	269	974	890	680	123	247	**3183**
Dez	4,8E-03	507	1834	1675	1279	232	465	**5991**
Jan	5,6E-03	585	2116	1933	1476	267	536	**6913**
Fev	5,7E-03	595	2155	1968	1503	272	546	**7039**
Mar	4,2E-03	446	1614	1474	1126	204	409	**5272**
Abr	2,9E-03	305	1104	1008	770	140	280	**3608**
Mai	2,0E-03	207	749	684	522	95	190	**2445**
Jun	1,1E-03	120	436	398	304	55	110	**1423**
Jul	5,0E-04	52	189	173	132	24	48	**617**
Ago	2,6E-04	27	97	89	68	12	25	**318**
Set	3,2E-04	33	120	110	84	15	30	**392**

Face aos resultados obtidos considera-se a premissa atrás considerada como VERDADEIRA.

Desta forma, **avalia-se esta origem como VIÁVEL.**

Para a consecução do objetivo de aproveitar estas águas, será necessário projetar e construir um sistema de drenagem e condução de água, complementado por eventuais sistemas de bombagens, armazenamentos intermédios, sistemas de depuração e de descarga destas águas captadas, permitindo gerir, durante o decurso do ano hidrológico, adequadamente e de forma automatizada o encaminhamento das mesmas, tendo em atenção que, se durante alguns períodos as mesmas serão necessárias para utilizar como águas de processo, noutros as mesmas deverão ser descarregadas no meio hídrico devido ao excesso de escorrência superficial motivada por elevada precipitação.

d) Captação a partir da adutora das Águas do Norte que passa nas EN 103 – A ETA do Alto Rabagão, propriedade da empresa Águas do Norte, apresenta uma capacidade de produção de 828 m3/h de água potável. Uma vez que esta ETA produz água que é transportada para o concelho de Chaves, através de conduta implantada sob a EN - 103, a qual passa a poucos quilómetros do perímetro da exploração do Romano, nomeadamente na zona do Barracão, apresentando capacidade muito superior às necessidades de todo o complexo mineiro e industrial, considera-se, por estes motivos, que esta origem deverá ser considerada essencial para o mesmo, nomeadamente no que concerne à **aquisição de toda a sua água potável** (não se prevendo, em consequência, nenhuma estação de tratamento de águas potáveis no complexo do Romano), devendo projetar-se construir de raiz uma estrutura de ligação que consiga abastecer o complexo do Romano integralmente de todas as suas necessidades diárias de água potável, devendo tal projeto contemplar a implantação de uma adutora de ligação desde a estrada EN 103 até ao reservatório de água potável da Mina do "Romano", através da implantação de uma conduta sobre a estrada M - 525.

Figura 337 – Aspeto da ETA do Alto Rabagão

É de referir que a LUSORECURSO PORTUGAL LITHIUM S.A., já tomou a iniciativa de contactar a empresa *ÁGUAS DO NORTE, S.A*., no sentido da sua apreciação relativamente a um pedido de ligação deste projeto ao abastecimento de água potável a partir do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Norte de Portugal, o qual foi deferido condicionalmente, pelo despacho com Ref.ª n.º CE – 3596/2021, de 21-06-2021, pelo que se **Avalia esta origem como VIÁVEL.**

e) Captação Superficial a Partir da Interceção de Escoamentos Existentes no Perímetro Concessionado à Exploração da Mina e ao Complexo de Anexos Mineiros – As águas que escoam naturalmente na área concessionada da Mina do "Romano", poderão também ser aí captadas superficialmente, permitindo-se aproveitá-las para o uso no complexo industrial. Propõe-se a construção de duas captações de águas superficiais de escorrência, sendo uma na zona do Moinho do Inferno e outra na zona da Carvalhosa. Estas captações deverão ser alvo de uma obra que permita a coleta da água, sem, no entanto, perturbar o normal escoamento destas linhas de água. Para isso deverá ser executado um projeto adequado para fase de execução, o qual deverá respeitar o regime de caudal ecológico de cada um dos ribeiros e feito de tal forma que alguma eventual represa de água tenha uma altura muito limitada e um espelho d´água também limitado em termos de área, com descarga permanente do caudal ecológico e descarregador de superfície para casos de tempestade. Para garantia do escoamento do QECO, deverá ser instalado equipamento de medição adequado em cada uma das linhas d´água.

São apresentadas de seguida as estimativas quantitativas para estas origens:

1) *Moinho do Inferno* – Esta captação permitirá intercetar a escorrência da bacia da ribeira que drena até este ponto, a qual apresenta uma área drenada de 3.300.000 m^2, podendo ainda servir de ponto de descarga no meio hídrico das águas drenadas a partir da bacia de decantação afeta à área da Escombreira Poente, quando houver excesso de caudal não aproveitado para a produção de água bruta (Ver figura 35).

   De acordo com o exposto anteriormente, vai calcular-se o valor diário médio expectável de coletar nesta captação, o qual se obtém subtraindo á área drenada de 3.300.000 m^2, a área da Escombreira Poente, no valor de 380.000 m^2, de que resulta uma área de cálculo de 2.920.000 m^2, a qual será multiplicada aos valores do Caudal diário real por m^2, em média mensal, Q_{REAL}, neste caso não afetado do fator de deflúvio, uma vez que se considera água normalmente intercetada e infiltrada no meio natural. Os resultados desta multiplicação dão origem ao volume escoado V_{ESC}, ao qual deverá ser subtraído o valor do caudal ecológico, Q_{ECO}, apresentado na Tabela 27, resultando dessa subtração o valor do volume disponível para coleta, V_{COL}. Os resultados estão expostos na Tabela 24.

2) *Carvalhosa* – Esta captação permitirá intercetar a escorrência da bacia da *Ribeira de*

Rebordelo, que drena até este ponto, a qual apresenta uma área drenada de 664.000 m^2, podendo ainda servir de ponto de descarga no meio hídrico das águas drenadas a partir da bacia de decantação afeta à área da Escombreira Poente, quando houver excesso de caudal não aproveitado para a produção de água bruta (Ver figura 35).

De acordo com o exposto anteriormente, vai calcular-se o valor diário médio expectável de coletar nesta captação, o qual se obtém subtraindo á área drenada de 664.000 m^2, a área da Escombreira Nascente, no valor de 380.000 m2, de que resulta uma área de cálculo de 274.000 m2, a qual será multiplicada aos valores do Caudal diário real por m^2, em média mensal, Q_{REAL}, neste caso não afetado do fator de deflúvio, uma vez que se considera água normalmente intercetada e infiltrada no meio natural. Os resultados desta multiplicação dão origem ao volume escoado V_{ESC}, ao qual deverá ser subtraído o valor do caudal ecológico, Q_{ECO}, apresentado na Tabela 27, resultando dessa subtração o valor do volume disponível para coleta, V_{COL}. Os resultados estão expostos na Tabela 33.

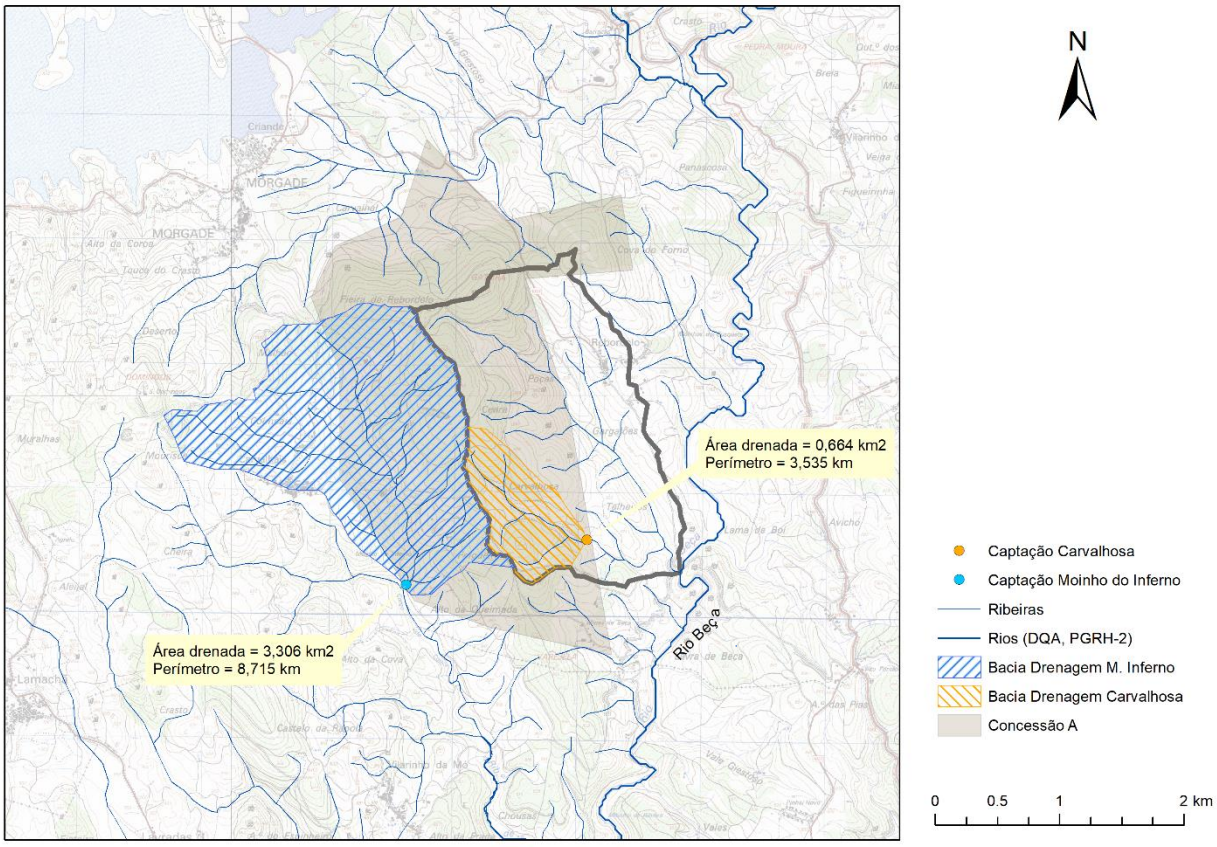


Figura 338 – Delimitação das Bacias drenantes da ribeira do Moinho do Inferno e da Carvalhosa e localização dos respetivos pontos de captação

Tabela 33 - Quadro com os volumes a coletar no Moinho do Inferno e na Carvalhosa, em valores médios

MÊS	Q_{REAL} ($m^3/dia.m^2$)	V_{ESC} M. Inferno (m^3/dia)	Q_{ECO} M. Inferno (m^3/dia)	V_{COL} M. Inferno (m^3/dia)	V_{ESC} Carvalhosa (m^3/dia)	Q_{ECO} Carvalhosa (m^3/dia)	V_{COL} Carvalhosa (m^3/dia)	V_{COL} TOTAL (m^3/dia)
Out	8,7E-04	2550	698	1851	239	139	100	1951
Nov	2,1E-03	5990	1250	4740	562	252	310	5050
Dez	3,9E-03	11275	1910	9365	1058	384	674	10039
Jan	4,5E-03	13010	3024	9986	1221	607	614	10600
Fev	4,5E-03	13247	1910	11336	1243	384	859	12195
Mar	3,4E-03	9922	2131	7790	931	427	504	8294
Abr	2,3E-03	6789	2352	4437	637	473	164	4601
Mai	1,6E-03	4602	1838	2764	432	370	62	2826
Jun	9,2E-04	2679	1030	1649	251	206	45	1694
Jul	4,0E-04	1162	734	427	109	149	*-40	427
Ago	2,0E-04	598	403	194	56	82	*-26	194
Set	2,5E-04	737	442	296	69	89	*-20	296

* Nestes casos considera-se inviável a captação de água nestes meses, sendo necessário completar o volume em falta para atingir o Q_{ECO} com água proveniente da Escombreira Nascente.

Em conclusão, **avalia-se esta origem como VIÁVEL.**

Seguidamente, na Tabela 34, apresenta-se o Quadro Síntese das origens de águas consideradas VIÁVEIS para abastecer a MINA DO "ROMANO".

Tabela 34 - Quadro síntese das origens hídricas consideradas VIÁVEIS para fornecer a Água Bruta /AB) e a Água Potável (AP) ao complexo mineiro e aos seus anexos

Descrição Da Origem Hídrica	CAUDAL POTENCIAL MÁXIMO A CONSIDERAR (m^3/dia)	TIPO DE ÁGUA
Captação na albufeira do Alto Rabagão	5.000	ÁGUA BRUTA
Captação a partir das áreas impermeabilizadas	5.000	ÁGUA BRUTA
Captação a partir da adutora das Águas do Norte	200	ÁGUA POTÁVEL
Captações de Águas pluviais – Moinho do Inferno e Carvalhosa	5.000	ÁGUA BRUTA

6. Balanço Hídrico das necessidades de Água

6.1. Introdução

De acordo com o estudo apresentado no capítulo anterior, existem quatro origens viáveis para o abastecimento de água para a Mina do "Romano" e para o CAM:

- Captação na albufeira do Alto Rabagão
- Captação a partir das áreas impermeabilizadas previstas para todo o complexo mineiro e seus anexos
- Captação a partir da adutora das Águas do Norte que passa nas EN 103
- Captações de escoamentos superficiais a instalar na ribeira do Moinho do Inferno e na ribeira da Carvalhosa

Destas origens, três têm origem dentro do perímetro do projeto e duas têm origem externa.

Das duas origens externas ao projeto, temos que uma delas, a *Captação a partir da adutora das Águas do Norte que passa nas EN 103*, será regularmente utilizada para o fornecimento de água potável a todo o complexo, com um valor diário constante de 200 m^3/dia.

Com respeito à *Captação na albufeira do Alto Rabagão*, estima-se que será uma origem necessária para recurso nos meses mais secos, para repor parte das necessidades que não possam ser asseguradas pelas produções internas. Deverá ser, de todas as formas, dimensionada para a captação e o fornecimento integral dos 5.000 m^3/ dia de *AB* necessários, podendo funcionar assim também como uma alternativa em caso de emergência.

Já os volumes coletados nas *Captação a partir das áreas impermeabilizadas previstas para todo o complexo da Mina do "Romano" e do CAM,* serão utilizados preferentemente como origens de água bruta, diminuindo-se assim os impactes deste projeto e contribuindo para a sustentabilidade do mesmo ao nível da reutilização praticamente total de águas internas.

Finalmente, quanto aos volumes coletados na *Captação a partir das interceções de escoamentos superficiais existentes no perímetro - Captação do Moinho do Inferno* e *Captação da Carvalhosa -,* esta origem afigura-se de complemento, em alguns meses em que as contribuições dos volumes coletados nas zonas impermeabilizadas sejam insuficientes para a laboração, sempre com atenção à garantia relativa aos caudais ecológicos, evitando-se captar água da albufeira do Alto Rabagão.

6.2. Princípios Base da Utilização das Diversas Origens de Água

Os princípios base em que assentarão as utilizações das origens, nomeadamente para definir a sua hierarquização de utilização são os seguintes:

1 – A totalidade da água potável que servirá o complexo mineiro do Romano e **provirá sempre** das Águas do Norte, S.A.

2 – Sempre que houver disponibilidade hídrica, utilizar-se-á a água proveniente das áreas impermeabilizadas para a produção de água bruta.

3 – Em caso de necessidade de suprimento à água bruta por incapacidade das origens referidas no ponto 2 (áreas impermeabilizadas), recorrer-se-á à utilização das *Captações do Moinho do Inferno e da Carvalhosa* para a produção de água bruta.

4 – Em caso de necessidade de suprimento à água bruta por incapacidade das origens referidas no ponto 3 (*Captações do Moinho do Inferno e da Carvalhosa*), ou por caso de emergência, recorrer-se-á à utilização de água a partir da Albufeira do Alto Rabagão para a produção de água bruta.

6.3. Balanço Hídrico das Necessidades de Água da Mina do "Romano"

O balanço hídrico da Mina do "Romano", compreende todas as necessidades MÁXIMAS e respetivas origens de abastecimento de água da mina e do CAM em termos de:

- Águas Brutas (A_B) - As quais totalizam um valor médio mensal MÁXIMO de 5 000 m^3/ dia.

- Águas Potáveis (A_P) – As quais têm um valor médio mensal MÁXIMO de 200 m^3/dia.

Na Tabela 35 encontram-se os principais fluxos hídricos ocorrentes na mina durante um ano hidrológico, com base nas médias mensais.

Desta Tabela 35, pode concluir-se que:

- A **totalidade** a Água Potável, A_P, consumida na Mina do "Romano", incluindo o CAM, tem a sua origem na adutora de água potável das Águas do Norte S.A., a qual produz água a partir da sua ETA do Alto Rabagão.

- A **quase totalidade** da Água Bruta, A_B, consumida na Mina do "Romano", incluindo o CAM, tem a sua origem no interior do próprio perímetro de exploração mineira, com exceção previsível para os meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, nos quais haverá necessidade de recorrer à captação direta a partir da Albufeira do Alto Rabagão para um maior ou menor VOLUME DE REFORÇO DE ABASTECIMENTO, VQ_{REF}:

Sendo

$VQ_{REF} = A_B – (V_1 + V_2)$ *- (TODAS AS UNIDADES EM m^3/ dia)*

Com

A_B *- Necessidades de Água Bruta*

V_1 - Volume captado com origem nas áreas impermeabilizadas previstas para todo o complexo mineiro e seus anexos

V_2 - Volume captado com origem nas Captações Superficiais nas ribeiras do Moinho do Inferno e da Carvalhosa.

- Estes valores relativos às necessidades hídricas de A_B e A_P, referem-se a potenciais máximos expectáveis, os quais poderão ocorrer eventualmente e nunca serão ultrapassados seguramente, sendo certo que estes valores de consumos de águas vão depender sempre do ritmo de exploração que o complexo atingir, bem como dos diferentes ciclos de exploração.

Tabela 35 - Quadro com o BALANÇO HÍDRICO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA BRUTA E DE ÁGUA POTÁVEL DA MINA DO "ROMANO" E RESPETIVAS ORIGENS DE FORNECIMENTO (Ver legenda abaixo da tabela)

MÊS	V1 (m3/ dia)	V2 (m3/ dia)	VQ_{REF} (m3/ dia)	V3 (m3/ dia)	NECESSIDADES ÁGUA BRUTA (AB) (m3/dia)	NECESSIDADES ÁGUA POTÁVEL (AP) (m3/dia)*
Out	1355	1951	1694	200	5.000	200
Nov	3183	5050	0	200	5.000	200
Dez	5991	10039	0	200	5.000	200
Jan	6913	10600	0	200	5.000	200
Fev	7039	12195	0	200	5.000	200
Mar	5272	8294	0	200	5.000	200
Abr	3608	4601	0	200	5.000	200
Mai	2445	2826	0	200	5.000	200
Jun	1423	1694	1883	200	5.000	200
Jul	617	387	3995	200	5.000	200
Ago	318	169	4514	200	5.000	200
Set	392	276	4332	200	5.000	200

V1 – Volume captado com origem nas áreas impermeabilizadas previstas para todo o complexo mineiro e seus anexos – VER TABELA 25.

V2 - Volume captado com origem nas Captações Superficiais nas ribeiras do Moinho do Inferno e na Carvalhosa – VER TABELA 26.

VQ_{REF} - Volume captado com origem na Albufeira do Alto Rabagão em regime de reforço, sendo VQ_{REF} = AB – (V1+V2).

V3 - Volume captado com origem na adutora das Águas do Norte que passa nas EN 103 – ÁGUA POTAVEL.

* - Todas as necessidades de ÁGUA POTÁVEL serão supridas através do fornecimento dessa água a partir das ÁGUAS DO NORTE S.A.

6.4. Conclusão

Relativamente às principais origens possíveis para abastecer de Água Bruta (*AB*) e Água Potável (*AP*) a Mina e o CAM, pode concluir-se o seguinte:

a) As origens são diversas e estão simultaneamente disponíveis;

b) Existe uma autonomia grande em termos de abastecimento com água proveniente de dentro do próprio complexo mineiro;

c) A circulação de água com origem no complexo mineiro para o exterior será muito reduzida, limitando-se a raras ocorrências em dias de pluviosidade intensa, a qual, por sua vez aumenta o chamado *fator de diluição* dos efluentes aí descarregados, tendo um impacte diminuto no meio hídrico.

7. Produção de Águas efluentes na Mina do "Romano" e no CAM

7.1. Introdução

A Mina do "Romano" e o CAM que lhe está associado, vão produzir diversas tipologias de águas efluentes, com maior ou menor nível de contaminação.

Atendendo aos níveis de contaminação podem dividir-se em:

- ÁGUAS EFLUENTES CONTAMINADAS – Correspondem às águas efluentes provenientes dos esgotos domésticos, assim como as provenientes das unidades industriais da *Refinaria* e do *Concentrador*. No caso dos efluentes domésticos, apresentam níveis de contaminação elevada, nomeadamente de parâmetros físico-químicos, tais como carga orgânica – do tipo CBO, CQO_5, SST - , óleos e gorduras assim como contaminação de tipo microbiológica. No caso dos efluentes de tipo industrial, prevê-se a ocorrência de hidrocarbonetos, pHs extremos, eventualmente condutividades elevadas, elevados sólidos em suspensão, de origem orgânica e mineral. São considerados como água residual, no primeiro caso tipicamente água residual doméstica e no segundo caso água residual industrial, devendo, portanto, merecer atenção especial e adequado tratamento em estações de tratamento eficientes, antes da descarga no meio hídrico, ou eventual reutilização para fins menos exigentes.

- ÁGUAS EFLUENTES POUCO CONTAMINADAS – Esta tipologia de águas efluentes engloba as escorrências provenientes da lixiviação das águas das chuvas em zonas impermeabilizadas, tais como paredes, telhados, terreiros, e outros, provenientes de todos os locais do CAM da Mina do "Romano", incluindo, os edifícios administrativos e industriais, zonas de estacionamento, depósitos de matérias primas ou estéreis, oficinas, laboratórios, etc, por um lado; e os efluentes provenientes das zonas mineiras propriamente ditas, tais como as cortas e galerias e das deposições de estéreis, os quais poderão apresentar essencialmente contaminação por hidrocarbonetos provenientes de maquinarias e veículos e alguma matéria sólida, de tipo inerte em suspensão, por outro. Desta forma não serão considerados como água residual, merecendo, no entanto, alguma atenção quanto à sua libertação no meio hídrico, prevendo-se medidas preventivas de controlo de pequenos focos de contaminação como a construção de órgãos de descontaminação nos locais adequados.

Para cada um dos casos terão de ser adotadas medidas para o tratamento e a mitigação dos impactes das águas efluentes geradas, sendo soluções mais complexas no caso das águas efluentes consideradas como contaminadas e soluções mais simples no caso das águas efluentes considerados pouco contaminadas.

Tabela 36 - Quadro com as principais tipologias de águas efluentes da MINA DO "ROMANO" e do CAM

ORIGEM	CLASSIFICAÇÃO DO EFLUENTE
ÁGUAS EFLUENTES DOMÉSTICAS	CONTAMINADO
ÁGUAS EFLUENTES INDUSTRIAIS DO CAM	CONTAMINADO
ÁGUAS EFLUENTES PROVENIENTES DA MINA	POUCO CONTAMINADO
ÁGUAS EFLUENTES DAS ZONAS IMPERMEABILIZADAS	POUCO CONTAMINADO

7.2. Caracterização da Produção de Águas Efluentes Contaminadas

No complexo mineiro e no seu CAM serão produzidas as seguintes tipologias de água residual contaminada:

(a) EFLUENTES DOMÉSTICOS (E_{DOM})

A Mina do "Romano" irá produzir efluentes domésticos a partir dos sanitários provenientes da Mina do "Romano" e do Complexo de Anexos Mineiros, utilizados pelos trabalhadores e visitantes de todo a mina e do CAM, no concelho de Montalegre.

A rede de saneamento da Mina do "Romano" e do Complexo de Anexos Mineiros abrange as instalações da mina, laboratórios, e todos os sanitários provenientes do CAM, sendo uma rede separativa de águas residuais, composta por ramais coletores dos esgotos nos diversos sanitários, cujos diversos coletores convergem para um coletor, sendo todo o processo gravítico, convergindo no final na *ETAR – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS - do Romano*, que ficará construída junto à EM 525 numa cota que facilita a drenagem gravítica.

Características qualitativas dos E_{DOM}:

- Os efluentes domésticos produzidos a partir dos sanitários provenientes da Mina do "Romano" e do Complexo de Anexos Mineiros, utilizados pelos trabalhadores e visitantes de todo a mina e do CAM, apresentam as características físicas, químicas e biológicas típicas de efluentes domésticos, nomeadamente ao nível dos seguintes parâmetros descritos na Tabela 37.

Tabela 37 - Quadro com os principais valores previstos para os parâmetros de entrada na ETAR do Romano. (Fonte: Metcalf & EDDIE, in: Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. INTERNATIONAL EDITION, 1991. P 83, P.1084.)

PARÂMETRO	VALOR PREVISTO DE ENTRADA
CBO5	58,97 g / H.eq.dia = 393 mg / L O2
CQO	117,94 g / H.eq.dia = 786 mg / L O2
SST	59,00 g / H.eq.dia = 393 mg / L
Azoto total	40 mg / L N
Fósforo total	10 mg / L P
pH	6,5 – 7, 0 escala de pH

Características quantitativas dos E_{DOM}:

EFLUENTES DOMÉSTICOS (E_{DOM}) –

Atendendo à população a servir será a seguinte:

Em termos de Necessidades de ÁGUA POTÁVEL, tem-se que:

(1) - Zonas sociais da Mina e do CAM –

- 500 trabalhadores x capitação de 100 L/ Hab. Dia = 50m^3/dia

(2) – Necessidades Futuras Estimadas = 75 m^3/dia

Total das necessidades no ano 0 = 125m^3/dia

Admitindo um fator de segurança de 20% de capacidade extra, tem-se um valor de 156,25 m^3 / dia, pelo que se adota o valor final de **CAUDAL DE PROJETO, Q_P, de 160 m^3/dia.**

POPULAÇÃO DE PROJETO: Estabelece-se o valor da população de projeto em:
. Admitindo-se uma capitação, *C*, de 150 L/ Hab. Dia

. Para o valor de Q_P, de 160 m^3/dia,

Tem-se que

Q_P / *C* = 1 067 h.eq

HORIZONTE DE PROJETO: O HP será de 20 anos, iniciando-se em 2022 e terminando em 2042.

Prevê-se que a população se mantenha entre o início do HP e o fim do HP.

(b) EFLUENTES DO TIPO INDUSTRIAL PROVENIENTES DO CAM (E_{CAM})

O CAM, nomeadamente as unidades industriais *Refinaria* e *Concentrador*, de acordo com os as informações prestadas pelos fabricantes, vão apresentar duas situações de produção de efluentes líquidos:

- *Concentrador:* Neste caso, dos cerca de 6.000 m^3/dia necessários para o provimento das necessidades de AI desta unidade, cerca de 5.000 m^3/dia são separados após o contacto com o minério de pegmatite, contendo o óxido de lítio, Li_2O, proveniente da mina, recorrendo a um processo que engloba flotação, espessamento e filtros prensa no final, permitindo a separação de um concentrado sólido de petalite - o qual seguirá para a refinaria-, da água utilizada no processo, resultando, desta forma, um efluente, o qual será necessário tratar por forma a cumprir com os critérios atribuídos à Água Bruta, referidos no ponto 4.2 (c), enviando-se estes efluentes para o reservatório de água Bruta, produzindo seguidamente Água Industrial *(AI).* Esse tratamento deverá ser executado em uma *ETARI – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS* específica para o concentrador. Outras águas residuais, resultantes de manutenções, tais como lavagens, manutenções de maquinarias, mudanças de produtos e equipamentos consumíveis, etc., as quais poderão necessitar de algum tipo de descontaminação e tratamento antes de serem enviadas para o meio hídrico, deverão ser tratadas numa unidade mais polivalente, que possa também servir para o mesmo efeito no caso da *Refinaria*, devendo para o efeito ser construída uma *ETARI – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS* – específica para estas duas unidades de tipo industrial.

- *Refinaria:* Neste caso, de acordo com o fabricante, *HATCH*, com a inclusão de um cristalizador na unidade industrial consegue-se reciclar totalmente toda a água do processo, não gerando nenhuma água residual. De todas as formas convém, como referido no ponto anterior, acautelar a eventual produção de águas resultantes de manutenções, tais como lavagens, manutenções de maquinarias, mudanças de produtos e equipamentos consumíveis, através da construção da referida *ETARI – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS* – específica para esta unidade.

Características qualitativas dos E_{CAM}:

- *Concentrador:* Neste caso, a informação disponível nos documentos consultados pela ECOFIRMA, da autoria da empresa *OUTOTEC*, responsável pelos estudos técnicos relativos à conceção do concentrador não referem quaisquer impactes ambientais possíveis, nem qualquer tipo de eventual composição da água do processo. De todas as formas, de acordo com o processo proposto pela *OUTOTEC*, compreende-se que a água residual a tratar terá baixo conteúdo em sólidos suspensos, pois terá um processo final de filtros prensa bastante eficaz, que permitirá retirar sólidos ao efluente. Também não terá conteúdos de hidrocarbonetos nem gorduras. Poderá apresentar alguma condutividade. O pH que resultante será essencialmente ácido. Em relação aos valores expectáveis dos parâmetros para este efluente, não é possível, nesta fase, estimar valores, dada a ausência de dados, tendo de se apontar sistemas de tratamento que permitam tratar os parâmetros atrás referidos. Em relação às águas resultantes de manutenções, as mesmas poderão incorporar elevadas quantidades de óleos, gorduras e hidrocarbonetos, poderão apresentar grande variabilidade de pH, podendo ser geradas águas residuais extremamente ácidas num momento e altamente alcalinas no momento a seguir. Também são de prever potenciais descargas de águas com elevada condutividade, motivadas por lavagens e desincrustações em equipamentos e superfícies, que solubilizem quantidades apreciáveis de sais. Poderá haver também libertação de material em suspensão, de tipo inorgânico que seja necessário retirar, prevendo-se a possibilidade da geração de águas com as características indicadas na tabela 31.

- *Refinaria:* Assumindo que não há a produção de águas residuais de processo, tal como foi referido atrás, pela inclusão do cristalizador no processo, admite-se que as águas resultantes de manutenções possam incorporar elevadas quantidades de óleos, gorduras e hidrocarbonetos, tenham grande variabilidade de pH, podendo ser geradas águas residuais extremamente ácidas num momento e altamente alcalinas no momento a seguir. Também são de prever potenciais descargas de águas com elevada condutividade, motivadas por lavagens e desincrustações em equipamentos e superfícies, que solubilizem quantidades apreciáveis de sais. Poderá haver também libertação de material em suspensão, de tipo inorgânico que seja necessário retirar, prevendo-se a possibilidade da geração de águas com as características indicadas na Tabela 38.

Tabela 38 - Quadro com os principais valores previstos para os parâmetros de entrada na ETARI do Romano

PARÂMETRO	VALOR PREVISTO DE ENTRADA
Condutividade	600 – 2000 uS
Hidrocarbonetos	15 - 150 mg / L
SST	20 - 200 mg / L
pH	4,0 – 12, 0 escala de pH

Características quantitativas dos E_{CAM} :

- *Concentrador:* Neste caso, como foi referido, prevê-se a produção de 5.000 m^3/dia de efluente, que deverá ser tratado numa unidade especializada para o efeito. Em relação às águas provenientes de manutenções preventivas e reativa que venham a ocorrer, considera-se que deverá ser realizada uma estimativa mais apurada das quantidades deste tipo de efluentes industriais produzidos, por alturas do desenvolvimento dos projetos de execução, por forma a não se entrar em especulações descabidas neste momento do andamento do projeto.

- *Refinaria:* Neste caso, não serão produzidas águas residuais industriais resultantes do processo a partir da *Refinaria*, pois, como foi referido, a *Refinaria* realiza o total reaproveitamento das águas utilizadas nos processos de fabricação, sendo expectável que a produção de águas residuais ocorra somente durante os períodos da manutenção de equipamentos e instalações, nomeadamente substituindo equipamentos e produtos consumíveis, lavando e desincrustando superfícies, tubagens e equipamentos.

Desta forma considera-se que deverá ser realizada uma estimativa mais apurada das quantidades de efluentes industriais produzidos, por alturas do desenvolvimento dos projetos de execução, por forma a não se entrar em especulações descabidas neste momento do andamento do projeto.

(c) EFLUENTES PROVENIENTES DA ZONA MINEIRA (E_{MIN})

A Mina do "Romano", nomeadamente a sua área eminentemente mineira, composta pela mina (Corta + Galerias); Britagem e Stacker; Oficinas Mineiras; Stock Inicial de Estéril; Reposição de Pegmatito; Escombreiras Nascente e Poente, irão originar as seguintes tipologias de águas residuais:

- Águas de Lixiviação Pluvial, Provenientes das Áreas que Ficarão a Céu Aberto;

- Águas Resultantes da Incorporação de Água de Tipo Industrial aos Equipamentos e às Operações Associadas ao Desenvolvimento e Exploração da Mina;

- Águas Resultantes da Interceção Subterrânea Provocada pelas Escavações Inerentes ao Desenvolvimento da Mina;

- Águas Resultantes de Lavagens de Estruturas, Equipamentos ou Viaturas, em Qualquer Área na Zona Mineira.

Características qualitativas dos E_{MIN} :

- Em termos das características qualitativas, os E_{MIN} poderão ser descritos da seguinte forma:

Águas de Lixiviação Pluvial, Provenientes das Áreas que Ficarão a Céu Aberto, vão ocorrer essencialmente quando houver chuva, originando águas que, ao contactar com poeiras depositadas nas superfícies e com terreiros em terra batida, arrastarão partículas sólidas de tipo inerte / mineral, as quais tenderão a ficar em suspensão, podendo também contactar com óleos ou hidrocarbonetos provenientes de equipamentos e viaturas, havendo a possibilidade da contaminação das águas ao nível dos SST, Hidrocarbonetos e Óleos e Gorduras, devendo haver o cuidado de as descontaminar antes de descarregar no meio hídrico ou de as reutilizar, recorrendo a órgãos adequados.

Águas Resultantes da Incorporação de Água de Tipo Industrial aos Equipamentos e às Operações Associadas ao Desenvolvimento e Exploração da Mina, nomeadamente as águas que vão acompanhar todo o processo de perfuração por via húmida, associada às respetivas máquinas e processos, por forma a minimizar a produção de poeiras no interior da mina. Neste caso o potencial para contaminação por óleos e hidrocarbonetos, provenientes dessas máquinas e veículos circulantes, que vão parar ao solo através de pequenas fugas que poderão ocorrer, emulsionando-se posteriormente com as águas mineiras, é elevado, pelo que deverá existir um sistema adequado de separação de hidrocarbonetos de descarga ou utilização ulterior. Também haverá a mistura de sólidos em suspensão nas águas resultantes destes processos, os quais deverão ser devidamente separados das águas. Concluindo: são expectáveis contaminações ao nível dos SST, Hidrocarbonetos e Óleos e Gorduras, devendo haver o cuidado de as descontaminar

Águas Resultantes da Interceção Subterrânea Provocada pelas Escavações Inerentes ao Desenvolvimento da Mina, serão provenientes da intercessão mecânica de falhas ou fissuras –

como referido no capítulo anterior referente à Hidrogeologia – com maior potencial de produtividade nas condições meteorológicas de elevada precipitação. Esta água, sendo natural, seguirá o mesmo processo de contacto com os contaminantes descrito para as *Águas resultantes da incorporação de água de tipo industrial aos equipamentos e às operações associadas ao desenvolvimento da mina*, pelo que deverá ser devidamente descontaminada também.

Águas Resultantes de Lavagens de Estruturas, Equipamentos ou Viaturas, em Qualquer Área na Zona Mineira, as quais poderão estar contaminadas por hidrocarbonetos, provenientes de máquinas e viaturas que vão parar ao solo através de pequenas fugas que poderão ocorrer, emulsionando-se posteriormente com as utilizadas nas lavagens, devendo também ser devidamente separados antes de descarga ou utilização ulterior. Também haverá a mistura de sólidos em suspensão nas águas resultantes destes processos os quais deverão ser devidamente separados das águas. Concluindo: são expectáveis contaminações ao nível dos SST, Hidrocarbonetos e Óleos e Gorduras, devendo haver o cuidado de as descontaminar

Características quantitativas dos E_{MIN}:

- Em termos de quantidades produzidas de efluentes não contaminados produzidos na zona da mina, existem as seguintes situações:

- *Águas de Lixiviação Pluvial, Provenientes das Áreas que Ficarão a Céu Aberto:* Este caso corresponde às emissões resultantes do somatório dos volumes de águas pluviais escorridos a partir do somatório de *Área Mineira + Oficinas + Britagens + Escombreira Nascente + Escombreira Poente*. Podem considerar-se as produções constantes na tabela n.º 35, a qual foi executada a partir dos dados da tabela n.º 25. Basicamente, como estas emissões vão ter uma componente intrinsecamente ligada ao regime pluvial ocorrente, vão variar bastante mensalmente ao longo do ano.

- *Águas Resultantes da Incorporação de Água de Tipo Industrial aos Equipamentos e às Operações Associadas ao Desenvolvimento e Exploração da Mina:* Neste caso vai considerar-se que o volume destas emissões vai corresponder ao valor máximo previsto para os gastos diários nas operações associadas ao desenvolvimento e exploração da mina, embora seja de ressalvar que é expectável que o volume real seja inferior, pois irão ocorrer perdas por incorporação em materiais, superfícies e evaporação. Considera-se assim um volume diário constante de 700 m^3.

- *Águas Resultantes da Interceção Subterrânea Provocada pelas Escavações Inerentes ao Desenvolvimento da Mina:* Durante a execução de escavações, a céu aberto ou em galeria, poderão ser intercetadas formações que deem origem ao aparecimento de águas subterrâneas, nomeadamente fissuras e fraturas, tal como foi referido anteriormente no capítulo dedicado à hidrogeologia. A sua probabilidade é baixa e a respetiva produtividade também será baixa, no entanto não é de excluir a ocorrência de alguma produtividade de maior dimensão, em especial durante os períodos de maior pluviosidade. Neste caso, se ocorrer esta situação, terão de ser previstas soluções de bombagem das águas existentes ou eventualmente alguma outra solução que seja viável na altura, salvaguardando-se sempre as questões ambientais através da descontaminação eventuais águas.

- *Águas Resultantes de Lavagens de Estruturas, Equipamentos ou Viaturas, em Qualquer Área na Zona Mineira:* Em termos de quantidades relativas a este tipo de água residual, poderá considerar-se que estes volumes se encontram incorporados no contingente relativo às *Águas Resultantes da Incorporação de Água de Tipo Industrial aos Equipamentos e às Operações Associadas ao Desenvolvimento e Exploração da Mina.*

(d) EFLUENTES DAS ZONAS IMPERMEABILIZADAS (E_{IMP})

As zonas impermeabilizadas - para além da zona mineira referida no ponto anterior, (c), as quais assumem o que se define por CAM - irão produzir águas resultantes da precipitação atmosférica, as quais poderão necessitar de algum tipo de descontaminação. Em especial todas as águas de origem pluvial que percolem superfícies impermeabilizadas aonde esteja parqueada ou estacionada qualquer tipo de máquina, incluindo viaturas automóveis, com exceção da rede viária, deverão ser objeto de tratamento específico para descontaminação de óleos e hidrocarbonetos antes de ser encaminhadas para reutilização ou destino final. Esses órgãos de tratamento serão descritos de seguida.

Características qualitativas dos E_{IMP}:

- Os $E_{IMP,}$ vão ocorrer essencialmente quando houver chuva, originando águas que, ao contactar com poeiras depositadas nas superfícies e com terreiros em terra batida, arrastarão partículas sólidas de tipo inerte / mineral, as quais tenderão a ficar em suspensão, podendo também contactar com óleos ou hidrocarbonetos provenientes de equipamentos e viaturas, devendo haver o cuidado de as separar antes de descarregar no meio hídrico ou de as

reutilizar, recorrendo a órgãos adequados. Concluindo, são expectáveis contaminações ao nível dos SST, Hidrocarbonetos e Óleos e Gorduras, devendo haver o cuidado de as descontaminar

Características quantitativas dos E_{IMP}:

Em termos de quantidades produzidas de E_{IMP} no CAM, podem considerar-se as produções constantes na Tabela 39, a qual foi executada a partir dos dados da Tabela 32. Basicamente, como estas emissões vão ter uma componente intrinsecamente ligada ao regime pluvial ocorrente, vão variar bastante mensalmente ao longo do ano.

Tabela 39 - Quadro com os volumes de efluentes produzidos, VCOL, por cada área impermeável (m3 / dia), PROVENIENTES DA ZONA MINEIRA e DAS ZONAS IMPERMEABILIZADAS

MÊS	V_{COL} CAM (m3/dia)	V_{COL} Escombreira Poente (m3/dia)	V_{COL} Escombreira Nascente (m3/dia)	V_{COL} Área Mineira (m3/dia)	V_{COL} Oficinas + Britagem (m3/dia)
Out	115	415	379	289	52
Nov	269	974	890	680	123
Dez	507	1834	1675	1279	232
Jan	585	2116	1933	1476	267
Fev	595	2155	1968	1503	272
Mar	446	1614	1474	1126	204
Abr	305	1104	1008	770	140
Mai	207	749	684	522	95
Jun	120	436	398	304	55
Jul	52	189	173	132	24
Ago	27	97	89	68	12
Set	33	120	110	84	15

8. Sistemas de tratamento de Águas na Mina do "Romano" e no CAM

8.1. Introdução

Nos capítulos anteriores foram identificadas todas as tipologias de águas existentes na Mina do "Romano" e do CAM, em termos quantitativos e qualitativos, verificando-se a existência de águas naturais, águas intercetadas pelas estruturas que se construção, águas residuais domésticas, águas residuais mineiras e águas residuais industriais.

Seguidamente serão caracterizadas as estruturas de tratamento de águas industriais, águas mineiras, águas drenadas pelas estruturas a construir e as águas residuais, de tipo doméstico e industrial. Essa caracterização deverá, tanto quanto possível neste momento do estudo do projeto, abordar os seguintes pontos:

- Parâmetros de entrada Vs. Parâmetros de saída;
- Caudais a tratar;
- Tecnologia a implementar por forma a conseguir os resultados previstos para atingir os parâmetros de saída para os caudais a tratar;
- Situações de emergência, tais como inundações e interrupções de funcionamento;
- Reagentes a utilizar;
- Tipologia e quantificação de resíduos e lamas a produzir no processo;
- Destino final de resíduos e lamas produzidos;

8.2. Estruturas de tratamento de Águas

8.2.1. Sistema de Produção de Água Industrial (AI) – SPAI

Será necessário estabelecer um sistema de tratamento que permita preparar a água com a qualidade suficiente para abastecer de água a Mina e o CAM de *AI*, i.e., águas que apresentem características físico-químicas tais que sejam compatíveis com os diversos equipamentos, reagentes, matérias primas e outros, de qualquer um dos processos mineiros e/ou industriais executados na Mina do "Romano" e seu CAM, bem como de todo o sistema de extinção de fogo que utilize água, nomeadamente as diversas redes de incêndio armadas, *RIAs*, existentes na Mina e no CAM.

Desta forma, deverá ser projetada e construída uma superestrutura que contemple a receção da água proveniente das três origens de água não tratada, o seu armazenamento, o seu tratamento e a sua elevação até aos reservatórios de água industrial pronta a ser utilizada.

De cordo com a Tabela 1, haverá necessidade de produzir 10.000 m^3/dia de *AI*, sendo que 5.700 m^3/dia serão provenientes da água a reutilizar – proveniente da *ETARI do Concentrador* (5.000 m^3/dia) + proveniente da ETAM da Mina (700 m^3/dia) – sendo os restantes valores necessários, 4.300 m3/dia, provenientes da *AB*, cuja produção foi otimizada para 5.000 m3/dia, por forma a permitir alguma margem de folga para a produção de *AI*.

O projeto de execução desta Superestrutura deverá respeitar a contemplação das seguintes infraestruturas tipo:

1 - TRATATAMENTO PRELIMINAR: A água bruta afluente entra numa obra de entrada, composta por duas linhas paralelas compostas por:

- Uma grelha manual, onde serão separados os sólidos grosseiros afluentes à estação;

- Um sistema de desarenação, para que as águas provenientes das origens não tratadas sejam depuradas de areias e outros sólidos sedimentáveis.

A existência destas duas linhas em paralelo, vai permitir executar a manutenção de uma linha, em simultâneo com a operação da outra. Esta operação consistirá na remoção das areias e outros sólidos decantados para o local previsto neste estudo, sendo realizada, previsivelmente com periodicidade máxima semanal. No final deverá haver um canal Parschall com o respetivo medidor eletrónico para permitir medir os fluxos de entrada.

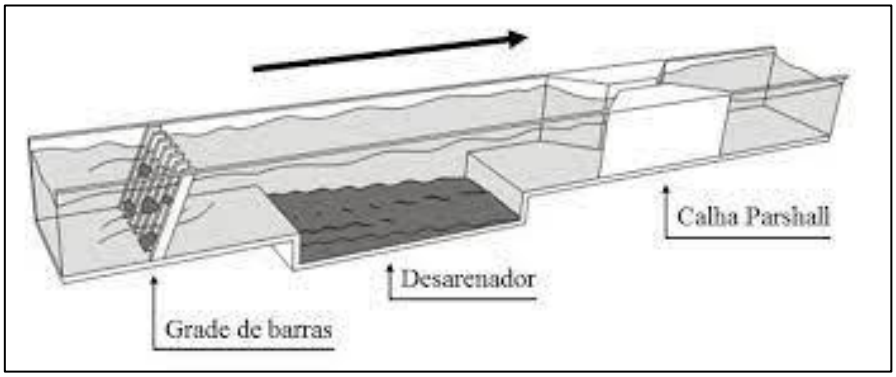


Figura 339 – Exemplo de uma obra de entrada com gradagem, desarenamento e canal Parshall

2 – RESERVATÓRIO DE ÁGUA BRUTA: A água bruta afluente, após a depuração de sólidos realizada no tratamento preliminar, vai entrar num reservatório de água bruta, o qual ficará a céu aberto, implantado sobre uma área escavada, com impermeabilização com telas de PVC, ou equivalentes, devendo sempre ser dividido em duas células com comunicação entre si, embora com possibilidade de seccionamento, por forma a permitir a realização de eventuais atividades de manutenção numa das células, sem comprometer o funcionamento da outra. É de referir,

no entanto, que este tipo de manutenção será sempre uma manutenção extraordinária, não sendo sequer expectável a sua realização anual.

Este reservatório de Água Bruta deverá ter um volume de armazenamento substancial, por forma a realizar as seguintes funções:

- Homogeneizar diferentes origens de águas;

- Permitir a constituição de uma reserva estratégica de água que permita alguma autonomia a toda a Mina do "Romano e ao seu CAM superior a um mês de necessidades de água;

- Poder gerir com alguma autonomia, a provisão de águas das diferentes origens com as previsões meteorológicas e assim otimizar os custos com energia das bombagens.

Propõe-se assim a implantação de um reservatório de água bruta com um volume total de 655 000 m^3, o que equivale a uma autonomia de 65 dias para o caudal máximo necessário estimado, de 10 000 m^3 / dia. Neste reservatório será necessário realizar, operações de recolha de lamas do fundo mesmo. Não é expectável uma operação de retirada de lamas e/ou sólidos decantados frequente, sendo normal nestes casos realizar uma limpeza de cinco em cinco ou mais anos.

Figura 340 – Exemplo de um reservatório ou bacia, a céu aberto com impermeabilização de telas de PVC

3 – ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS INDUSTRIAIS - ETAI: A água bruta armazenada no reservatório de água bruta, será conduzida a uma *ETAI*, de acordo com as necessidades de

produção de água industrial, condução essa que será controlada automaticamente através de um sistema integrado de controlo e comando centralizado, através de bombagem.

Para satisfazer a demanda de água industrial, é aconselhável que a *ETAI* tenha capacidade de produção para o caudal máximo, Q_P, de 10 *000* m^3/dia, mantendo igualmente capacidade para caudais menores, os quais poderão ser da ordem dos 10% do caudal máximo, ou seja cerca de *500* m^3/dia, ou até menores.

Por este motivo propõe-se a adoção de uma solução que siga os seguintes princípios:

- Aquisição de unidades modulares de construção soldada, as quais possam ser facilmente adicionadas à medida que o projeto vá evoluindo em termos das necessidades hídricas, com otimização económica dessas aquisições, podendo dar resposta de forma célere a aumentos de produção que venham a ocorrer, atendendo de igual forma ao período de arranque, o qual se prevê tenha menor produção e, portanto, muito menores necessidades hídricas.

- Aquisição inicial de 1 unidade modular, à qual se irão adicionando até um máximo de 4 unidades, permitindo atingir o pico de produção de 10.000 m^3/dia, no período cruzeiro. Estas unidades deverão ser dimensionadas por forma a terem alguma capacidade extraordinária de produção, para precaver eventuais eventualidades. Neste caso propõe-se 4 unidades capazes de produzir o pico do caudal de 10.000 m^3/h em 20 horas por dia, ficando ainda uma capacidade adicional de 4 horas diárias para permitir alguma flexibilidade de produção.

- Centralização do controlo e automatização das duas unidades num único local, assim como o laboratório de apoio, permitindo baixar custos de exploração.

- Adoção de um sistema de tratamento que englobe um sistema de neutralização do pH, para uma água bruta que se espera seja ácida, seguido de um sistema de coagulação, seguido de floculação e clarificação e armazenamento em reservatório de equalização com água clarificada, por forma a poder acionar essa água em caso de pedido de água, de um reservatório de água industrial tratada, no final do processo. Seguidamente a água será bombada a partir do reservatório de clarificação, passando por uma bateria de filtros de sílica, seguindo para o referido reservatório de A_I tratada. Antes de entrar no reservatório de água tratada deverá ser realizada a desinfeção desta água, através da adição de hipoclorito, num processo de cloragem, o qual deverá ser eventualmente reforçado nos reservatórios de jusante, por forma a impedir o desenvolvimento de microrganismos na água que possam turvar a mesma. Os sistemas de adição do cloro deverão ser devidamente estudados para cada

caso em projeto de execução. Finalmente, do reservatório de água tratada, a água poderá ser bombada para o reservatório de *AI*, a construir à cota 1.000m.

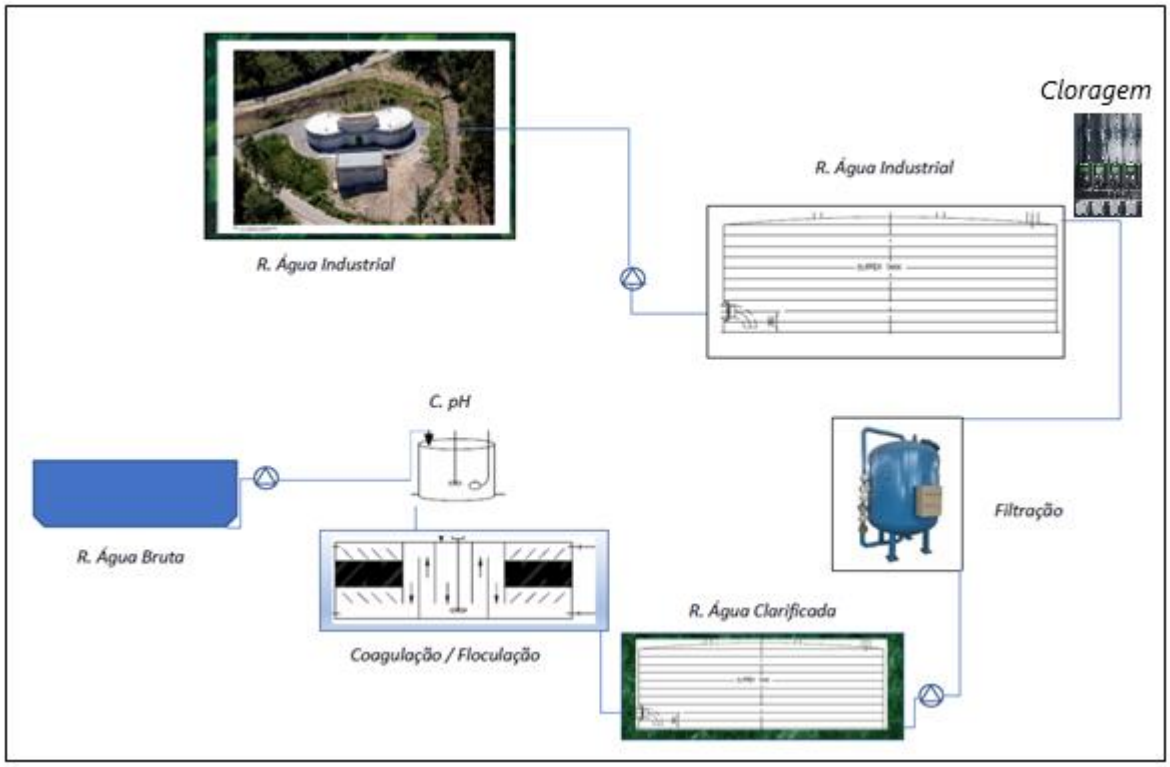


Figura 341 – Esquema do Sistema de Produção de Água Industrial da Mina do "Romano"

4 – PARÂMETROS QUANTITATIVOS A ATINGIR PELO SPAI: De acordo com os pressupostos atrás expostos, com o *SPAI* propõe-se atingir os parâmetros de produção e funcionamento de água indicados na Tabela 40.

Tabela 40 - Parâmetros de produção e funcionamento da ETAI da Mina do "Romano"

Reservatório de Água Bruta	***Capacidade de 250 000 m³***
Tipo de Água a Tratar	*Água Bruta*
Caudal máximo a Tratar	*500 m3/h (4 un. Modulares x 125 m3/h, reg. 20 horas /dia)*
Caudal mínimo a Tratar	*8 m3/h*
Velocidade de clarificação	*0,04 – 0,56 m/h*
Velocidade de Filtração	*10 m/h*
Velocidade de Contra-lavagem	*40 m/h*
Meio de Filtração	*Areia de Sílica*

5 – PARÂMETROS QUALITATIVOS A ATINGIR PELO SPAI: Em termos qualitativos estima-se que existam as seguintes características da água bruta a entrar expostas na Tabela 41.

Tabela 41 - Valores previstos para os parâmetros de entrada da água bruta. (Fonte: Metcalf & EDDIE, in: Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. INTERNATIONAL EDITION, 1991. P 83, P.1084.)

PARÂMETRO	VALOR PREVISTO DE ENTRADA
CBO_5	< 1 *mg / L O2*
CQO	<2 *mg / L O2*
SST	< 10 *mg / L O2*
Azoto total	< 1 *mg / L N*
Fósforo total	< 1 *mg / L P*
pH	< 6 *Unidades de pH*

Pretende-se atingir os valores de saída expostos na Tabela 42.

Tabela 42 - Valores previstos para os parâmetros de saída da água industrial

PARÂMETRO	VALOR PREVISTO DE SAÍDA
CBO_5	0 *mg / L O2*
CQO	0 *mg / L O2*
SST	< 1 *mg / L O2*
Azoto total	0 *mg / L N*
Fósforo total	0 *mg / L P*
pH	6,5 -7,5 *Unidades de pH*
Teor de Cloro Livre	0,5 ppm

5 – REAGENTES UTILIZADOS PELO SPAI: De acordo com os pressupostos atrás expostos, para se conseguir neutralizar a água bruta e para se utilizar o processo de coagulação e floculação, terá se se recorrer aos químicos seguintes:

- Neutralização – Vai utilizar-se o óxido de cálcio, o qual vai ser hidrolisado para solução de hidróxido de cálcio ou equivalente disponível no mercado.

- Coagulação – será utilizada uma solução do tipo de sulfato de alumínio ou equivalente disponível no mercado.

- Floculação – será utilizado um polímero orgânico-sintético ou equivalente disponível no mercado.

- Desinfeção – será utilizado hipoclorito de sódio em solução ou gás cloro, dependendo das opções em projeto de execução.

6 - PRODUÇÃO DE LAMAS E RESÍDUOS SÓLIDOS

As lamas e os resíduos sólidos a produzir nesta estação serão de dois tipos:

- Sólidos inertes, tais como calhaus e areias, retirados no pré-tratamento e nas manutenções dos reservatórios de água bruta. A quantidade é neste momento impossível de calcular.

- Lamas procedentes dos processos de coagulação / Floculação, cuja quantidade será estimada a seguir:

A partir dos dados das Tabela 41 e Tabela 42 e, admitindo que se vai reduzir o valor dos SST de 5 mg / L para 1 mg/ L, tem-se uma diminuição, *D*, de 4 mg / L (4 x 10^{-3} Kg/ m^3) de sólidos secos que serão retirados.

Para um caudal máximo $\boldsymbol{Q_P}$ = 10. 000 m^3 / dia

Tem-se que o caudal de lamas (Q_L) será

(Q_L) = $\boldsymbol{Q_P}$ x $\boldsymbol{D}$ = 10. 000 m^3 / dia x 4 x 10^{-3} Kg/ m^3

(Q_L) = 40 Kg / dia

Este Valor é respeitante a resíduo seco.

Admitindo que a percentagem de sólidos nas lamas, após o espessador gravítico é de 5%, tem-se que a quantidade de lamas produzida diariamente será

40 Kg / 5% = 800 Kg /dia

Pelo que a quantidade expectável de lamas a produzir por anos é, no máximo

800 kg/ dia x 365 dias = 292. 000 kg / ano = 292 *Ton / ano* de lama desidratada

6 – TRATAMENTO E DESTINO FINAL DE LAMAS E RESÍDUOS SÓLIDOS

Sem prejuízo da realização de análises de caracterização de resíduos sólidos e de lamas, os quais poderão ditar algum destino final distinto do aqui designado, considera-se viável encaminhar as lamas e os resíduos sólidos para os seguintes destinos finais:

- Os sólidos e inertes retirados no tratamento preliminar serão incorporados nas escombreiras Nascente e Poente.

- As lamas do processo de coagulação / floculação deverão ser diretamente encaminhadas para um espessador gravítico, onde irão ser separados os sólidos do licor sobrenadante, sendo os sólidos espessados armazenadas em silos apropriados, impermeabilizados a localizar no recinto da *ETAI*, sendo encaminhadas para destino final a contratar no decurso do funcionamento do projeto.

- Os meios de enchimento dos filtros deverão ser substituídos pelo menos ao fim de 2 anos ao serviço. Neste caso, deve ser programada a sua substituição e contratar uma empresa habilitada para a realização desta manutenção, a qual poderá executá-la em poucas horas, retirando o enchimento para destino adequado.

7 – DESCARGA DE EMERGÊNCIA

Todos os órgãos da *ETAI* proposta estarão conectados a um sistema de By-Pass, que, em caso de emergência, poderá descarregar num sistema de descarga de emergência, o qual o fará descarregar com o mínimo impacte junto ao meio hídrico, o qual neste caso será o descarregador do Ribeiro da Lama.

8.2.2. Sistema de Produção de Água Desmineralizada – SPAD

Será necessário estabelecer um sistema de tratamento que permita desmineralizar água para fornecimento à Refinaria.

O projeto de execução desta Superestrutura deverá respeitar a contemplação das seguintes infraestruturas tipo:

1 – ORIGEM DA ÁGUA: A Água Desmineralizada (*ADEM*) será produzida a partir da Água Industrial (*AI*) fornecida à Refinaria.

2 – LINHA DE DESMIRNERALIZAÇÃO DE ÁGUA: A *AI* dará entrada numa linha de desmineralização de água, inserida num Skid, a qual deverá estar dimensionada para a produção de pelo menos 3 m^3/h de água desmineralizada, permitindo produzir os 50 m^3/dia requeridos pela refinaria e ainda contar com uma margem para alguma produção marginal extra.

O sistema de tratamento deverá contemplar uma filtração inicial por filtro de areia, seguido de uma filtração por leito de carvão ativado, após o que a água passara por um filtro de

microfiltração, com malha de 5 microns, passando seguidamente por um sistema de filtro com resina descalcificadora, posto o que será admitida através de ultra-pressão numa bateria de membranas de osmose inversa, posto o que sairá água desmineralizada.

3 – ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DESMINERALIZADA: Após o tratamento, a água desmineralizada deverá ser armazenada num reservatório composto por duas células com 50 m^3 de capacidade cada uma, permitindo o armazenamento de dois dias de necessidades em água desmineralizada para a *Refinaria.* Convém que estes reservatórios sejam de PEAD, dadas as características agressivas da água desmineralizada.

4 – PARÂMETROS QUANTITATIVOS A ATINGIR PARA A ÁGUA DESMINERALIZADA: De acordo com os pressupostos atrás expostos, atingir os parâmetros de produção e funcionamento de água desmineralizada indicados na tabela 36.

Tabela 43 - Parâmetros de produção e funcionamento do SPAD da Mina do "Romano"

Reservatório de Desmineralizada	***Capacidade de 2 x 50 m³***
Tipo de Água a Tratar	*Água Industrial*
Caudal máximo a Tratar	*3 m3/h*

5 – PARÂMETROS QUALITATIVOS A ATINGIR A ÁGUA DESMINERALIZADA: Em termos qualitativos pretendem-se atingir os valores de saída expostos na Tabela 44.

Tabela 44 - Valores previstos para os parâmetros de saída do SPAD

PARÂMETRO	**VALOR PREVISTO DE SAÍDA**
Condutividade	< 5 *mg / L*
CQO	0 *mg / L O2*
SST	< 0,05 *mg / L O2*
Azoto total	0 *mg / L N*
Fósforo total	0 *mg / L P*
pH	6,5 -7,5 *Unidades de pH*
Dureza Total	< 5º Franceses
Teor de Cloro Livre	0,05 ppm

6 – REAGENTES UTILIZADOS PELO SPAI: De acordo com os pressupostos atrás expostos, para se conseguir desmineralizar a água industrial, terá se se recorrer aos químicos seguintes:

- LIMPEZA ÁCIDA E ALCALINA – Vai utilizar-se Hidróxido de Sódio para a realização das limpezas básicas e o Ácido Clorídrico para realizar as limpezas ácidas. As águas decorrentes destas limpezas deverão ser encaminhadas para a *ETARI*.

7 - PRODUÇÃO DE LAMAS E RESÍDUOS SÓLIDOS

Este sistema não produz lamas nem resíduos sólidos, no entanto os meios de enchimento dos filtros deverão ser substituídos pelo menos ao fim de 2 anos ao serviço. Neste caso, deve ser programada a sua substituição e contratar uma empresa habilitada para a realização desta manutenção, a qual poderá executá-la em poucas horas, retirando o enchimento para destino adequado.

8.2.3. Estação de Tratamento de Águas Residuais Domésticas – ETAR

As águas provenientes do saneamento das águas residuais domésticas da Mina do "Romano" e do CAM, serão encaminhadas por sistemas de saneamento, tal como indicado no capítulo anterior, até à **ETAR doméstica prevista**, a qual, dada a sua conceção modular e contentorizada, se propõe colocar com o início da construção do projeto, de forma rápida, podendo servir durante o período de arranque inicial, sendo depois avaliada a sua continuidade ou evolução para outro tipo de solução.

Figura 342 – Vista da ETAR preconizada para a Mina do "Romano", a qual produz um efluente totalmente preparado para reutilização

A ETAR do Romano irá funcionar de acordo com os seguintes processos:

1 - TRATATAMENTO PRELIMINAR: O esgoto afluente entra numa obra de entrada, composta por uma grelha manual, seguida de uma grelha automática, onde serão separados os sólidos grosseiros afluentes à estação. Estes sólidos serão recolhidos para um recipiente apropriado e posteriormente encaminhado para destino apropriado. Seguidamente o influente passará por um canal desarenador, sendo separadas eventuais areias da água. Posteriormente a água passará por um canal do tipo Parschall, onde um equipamento de medição medirá em contínuo o fluxo de entrada. A obra de entrada terá duas linhas que funcionarão alternadamente para se poder realizar a respetiva manutenção.

2 – TRATAMENTO PRIMÁRIO: Após o tratamento preliminar, a água fluirá graviticamente para uma caixa repartidora de caudal, sendo distribuída por duas fossas séticas, cada uma com 80 m^3 de capacidade. Nestas fossas, o influente é homogeneizado em termos de carga, existindo também uma capacidade de retenção por forma a equalizar eventuais picos de produção e permitir o correto processo posterior. Estes tanques, com descarga superior de gases, permitirão também a separação das gorduras e óleos, que irão permanecer na parte superior do órgão e dos sólidos mais pesados, os quais irão permanecer na parte inferior. Eventualmente irá ocorrer digestão anaeróbia das lamas primárias que aqui forem sedimentadas. Neste órgão será necessário realizar uma manutenção anual para retirada de gorduras, areias mais finas e lamas.

3 – TRATAMENTO SECUNDÁRIO: O afluente, desbastado de sólidos e de lamas primárias, passa, graviticamente para uma estação elevatória onde será bombado para a estação compacta BLUECON 10. Esta estação vai realizar um tratamento de tipo físico-químico, totalmente automatizado, garantindo uma qualidade final do efluente de acordo com as necessidades de afinamento próprias para o seu uso como água de rega ou de lavagens várias.

Na estação BLUECON 10 a água afluente a tratar vais seguir os seguintes processos:

A. Processo de Coagulação/Floculação para a eliminação de CQO, CBO5, SST, fosforo e nitrogénio,

B. Processo de Filtração por membranas de para a eliminação de CQO, CBO, SST

C. Processo de Oxidação para a eliminação total de azoto restante, Desinfeção e eliminação avançada de CQO e CBO.

4 – ENCAMINHAMENTO FINAL: Finalmente o efluente tratado passa para uma caixa de chegada, onde será reencaminhado para um reservatório de água para rega ou lavagens. Em princípio, serão utilizadas totalmente estas águas tratadas, nomeadamente durante o inverno, para a realização de todo o tipo de lavagens necessárias. No verão, com as necessidades de rega, esta água será prioritária para a realização dessa função. Em caso de necessidade de descarga no meio hídrico, prevê-se que essa descarga se realize no ponto de descarga da Ribeira da Lama, o qual será descrito à frente.

5 – PARÂMETROS DE QUALIDADE A ATINGIR: O efluente tratado, deverá conseguir atingir os valores paramétricos indicados na Tabela 45, cumprindo com os valores da Diretiva Europeia 91/271/CE

Tabela 45 - Valores previstos para os parâmetros de saída do sistema BLUECON.

PARÂMETRO	VALOR PREVISTO DE SAÍDA
CBO_5	< 10 mg / L O2
CQO	<150 mg / L O2
SST	< 10 mg / L O2
Azoto total	< 10 mg / L N
Fósforo total	< 1 mg / L P

5 – SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA: Uma vez que estas águas residuais apresentam características de alguma gravidade em caso de descarga inadvertida ou acidental no meio ambiente, quer pelas características da sua composição como pelas quantidades elevadas da sua produção, propõe-se a previsão da instalação de um sistema de contenção de emergência. Este sistema poderá atuar sempre que se verifique uma situação de inoperacionalidade da ETAR na totalidade ou em algum dos seus órgãos. Assim, prevê-se que todos os órgãos da ETAR proposta estejam conectados a um sistema de By-Pass, que, em caso de emergência, poderá descarregar numa cisterna flexível, de montagem imediata, a qual poderá reter em situação de emergência até 700 m^3 de água residual.

Existirá então capacidade de contenção para cerca de 3 dias de produção máxima da ETAR, dando tempo para se reparar as eventuais anomalias existentes.

Figura 343 – Vista de uma cisterna flexível para armazenar os efluentes gerados na ETAR do Romano, em situações de emergência

6 – PRODUÇÃO DE RESÍDUS SOLIDOS:

A fase preliminar do tratamento da ETAR vai retirar resíduos sólidos, nomeadamente ao nível das gradagens e nas operações de limpeza da obra de entrada, podendo ser retiradas algumas gorduras misturadas com outros sólidos. Estes resíduos deverão ser devidamente acondicionados em sacos plásticos e armazenados no armazém de resíduos e entregues a uma unidade operador licenciada para o tratamento dos mesmos adequado, após a sua caracterização físico-química. As quantidades a produzir afiguram-se de difícil previsão, no entanto espera-se que não supere os 500 Kg mensais.

7 – PRODUÇÃO DE LAMAS:

A partir dos seguintes Dados Base:

Capitação = 150 L/Heq.d

Heq. = 1 067 h.eq

Caudal Médio Diário Q_P = de 160 m^3/dia,

Tem-se que:

PRODUÇÃO MÁXIMA DE CBO5 entrada = 393 mg/L = 0,393 g/L

PRODUÇÃO MÁXIMA DE CBO5 saída = 10 mg/L = 0,010 g/L

Logo

CBO_5 removido no processo = (PRODUÇÃO MÁXIMA DE CBO5 entrada) – (PRODUÇÃO MÁXIMA DE CBO5 saída) = 0,383 g/L

Sendo

Caudal de lamas (Q_L) = CBO_5 removido no processo x 0,4[5]

Então

Q_L = 0,383 g/ L x 0,4 = 0,153 g / L

Desta forma tem-se que por dia se produzem

0,153 g / L x 160.000 L/ dia = 24 480 g/ dia

QUANTIDADE EXPECTÁVEL DE LAMAS A PRODUZIR POR ANO

Então por ano serão produzidas, no máximo

24 480 g/ dia x 365 dias = 8 935 200 g / ano = 9 Ton / ano de lama hidratada

TRATAMENTO E DESTINO FINAL DAS LAMAS

---

[5] De acordo com Metcalf & EDDIE, in: *Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse*. INTERNATIONAL EDITION, 1991. P.1084.

Para esta quantidade de lamas produzidas anualmente, prevê-se a desidratação através de um espessador gravítico, a localizar no recinto da *ETAR*, prevendo-se uma diminuição do volume final para cerca de 5 toneladas anuais. Estas lamas desidratadas deverão ser armazenadas num reservatório digestor, com um volume mínimo de 10 m^3, o qual se situará dentro do recinto da ETAR, sendo posteriormente encaminhadas para destino final adequado, após a sua caracterização físico-química, a contratar no decurso do funcionamento do sistema.

8.2.4. Estação de Tratamento de Águas Industriais do Concentrador – ETARIC

As águas residuais provenientes do *Concentrador*, deverão ser objeto de um tratamento específico, permitindo a sua reentrada no reservatório de água bruta, para reutilização como Água Industrial, *AI*. Este sistema funcionará diariamente, devendo ter capacidade para o tratamento de 5.000 m^3/dia. De acordo com a escassa informação relativa à tipologia das águas residuais do Concentrador, propõe-se um sistema que incorpore as seguintes etapas:

1 – TRATAMENTO DE NEUTRALIZAÇÃO: A água residual é neutralizada, através da adição de solução de Hidróxido de Sódio, de forma automática através de um sistema controlador/ doseador.

2 – TRATAMENTO DE FILTRAÇÃO: A água residual neutralizada passará por um sistema de filtros mistos de areia e antracite, seguidos de um sistema de filtração por carvão ativado. Este sistema de filtração deverá realizar lavagens em contra corrente. As águas das lavagens em contra corrente deverão ser encaminhadas ara a *ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS INDUSTRIAIS – ETARI*, a seguir descrita.

3 – TRATAMENTO DE CORREÇÃO À CONDUTIVIDADE: Após o tratamento por filtração, a água passará por um sistema de diminuição da condutividade, através da passagem por um sistema de filtros com enchimento específico para abaixamento da condutividade. As águas das lavagens em contra corrente deverão ser encaminhadas ara a *ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS INDUSTRIAIS – ETARI*, a seguir descrita.

4 – ENCAMINHAMENTO FINAL: Finalmente o efluente tratado é conduzido à entrada do reservatório de água bruta.

5 – SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA: Uma vez que estas águas residuais apresentam características de alguma gravidade em caso de descarga inadvertida, acidental no meio ambiente, quer pelas características da sua composição como pelas quantidades elevadas da sua produção, propõe-se a previsão da instalação de um sistema de contenção de emergência. Este sistema poderá atuar sempre que se verifique uma situação de inoperacionalidade da *ETARIC* na totalidade ou em algum dos seus órgãos. Assim, prevê-se que todos os órgãos da *ETARIC* proposta estejam conectados a um sistema de By-Pass, que, em caso de emergência, poderá descarregar numa cisterna flexível, de montagem imediata, a qual poderá reter em situação de emergência, devendo ser dimensionado este volume de emergência aquando do projeto de execução.

6 – PRODUÇÃO DE RESIDUOS SÓLIDOS E LAMAS:

Este sistema não produz lamas nem resíduos sólidos, no entanto os meios de enchimento dos filtros deverão ser substituídos pelo menos ao fim de 2 anos ao serviço. Neste caso, deve ser programada a sua substituição e contratar uma empresa habilitada para a realização desta manutenção, a qual poderá executá-la em poucas horas, retirando o enchimento para destino adequado.

8.2.5. Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais – ETARI

De acordo com o referido atrás, o CAM, nomeadamente o *Concentrador* e a *Refinaria*, terão uma ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS – ETARI, dedicada, para o tratamento de águas provenientes de manutenções, reparações, incidentes produzidos nas unidades *Concentrador* e *Refinaria*, bem como das águas resultantes das retro-lavagens dos filtros da *ETARIC*, devendo ser dimensionada uma unidade de tratamento de tipo físico-químico, que incorpore as seguintes etapas:

1 - TRATAMENTO PRELIMINAR: A água residual entra numa obra de entrada, composta por uma grelha manual, seguida de uma grelha automática, onde serão separados os sólidos grosseiros afluentes à estação. Estes sólidos serão recolhidos para um recipiente apropriado e

posteriormente encaminhado para destino apropriado. Seguidamente o influente passará por um canal desarenador, sendo separadas eventuais areias da água. Posteriormente a água passará por um canal do tipo Parschall, onde um equipamento de medição medirá em contínuo o fluxo de entrada. A obra de entrada terá duas linhas que funcionarão alternadamente para se poder realizar a respetiva manutenção. Após esta entrada, o influente deverá passar por um separador de hidrocarbonetos, para retirar eventuais óleos e hidrocarbonetos.

2 - NEUTRALIZAÇÃO: A água residual será analisada ao nível do pH quando entrar e dessa forma será adicionado o majorador ou o minorador de pH, conforme se trate de água ácida ou básica, durante a passagem do tratamento preliminar para o tratamento primário.

3 – TRATAMENTO PRIMÁRIO: Após o tratamento preliminar, a água fluirá por gravidade para uma caixa repartidora de caudal, sendo distribuída por duas fossas séticas, com capacidade suficiente para amortizar picos afluentes de pelo menos 24 horas. Nestas fossas, o influente é homogeneizado em termos de carga, existindo também uma capacidade de retenção por forma a equalizar eventuais picos de produção e permitir o correto processo posterior. Estes tanques, com descarga superior de gases, permitirão também a separação mais fina das gorduras e óleos remanescentes, que irão permanecer na parte superior do órgão e dos sólidos mais pesados, os quais irão permanecer na parte inferior. Neste órgão será necessário realizar uma manutenção anual para retirada de gorduras, areias mais finas e lamas.

4 – COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO: O afluente, desbastado de sólidos e de lamas primárias, passa, por gravidade para uma estação elevatória onde será bombado para um reator de mistura, aonde será adicionado o coagulante. Após este tanque será adicionado o floculante noutro compartimento, passando a água para um tanque de armazenamento de água final. Daqui o efluente deverá ser filtrado em filtros de multimédia de areia, uns e de carvão ativado, os finais. Caso exista condutividade elevada deverá existir uma linha de tratamento final com osmose inversa para afinar o efluente final.

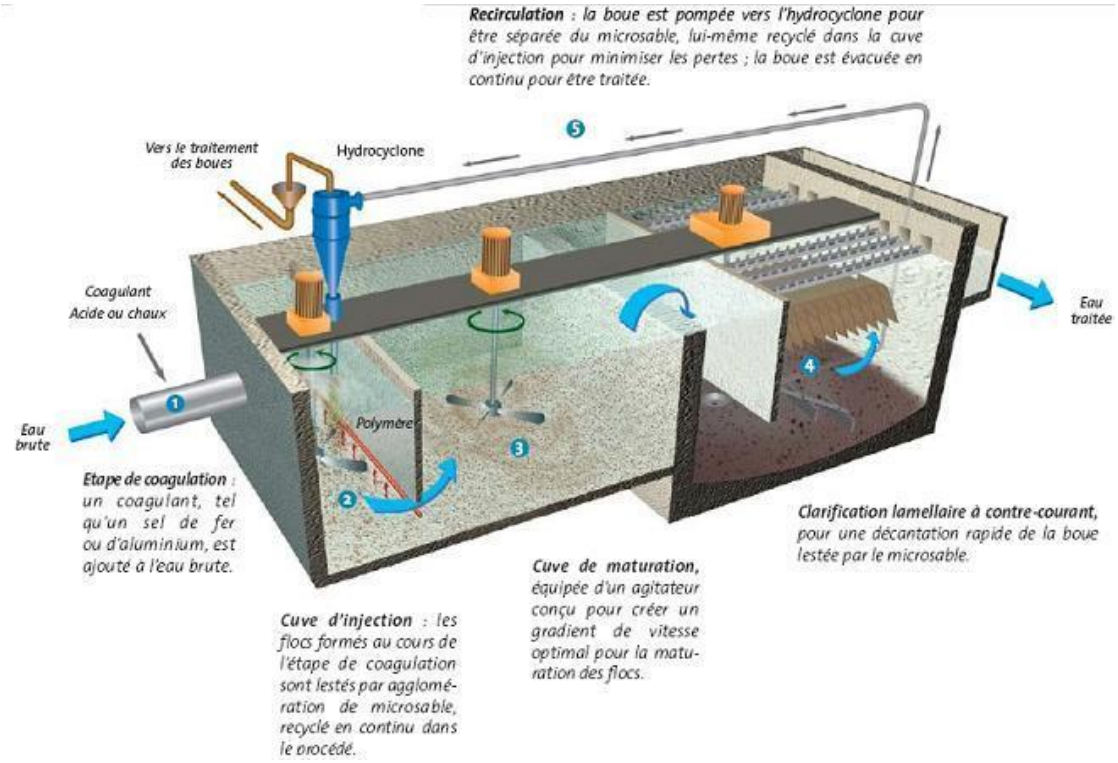


Figura 344 – Vista de um sistema compacto de coagulação / floculação capaz de tratar os efluentes gerados na ETARI do Romano (Retirado a partir de https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/coagulation-floculation/generalites)

5 – ENCAMINHAMENTO FINAL: Finalmente o efluente tratado passa para uma caixa de chegada, onde será reencaminhado para o reservatório de água bruta. Em caso de necessidade de descarga no meio hídrico, prevê-se que essa descarga se realize no ponto de descarga da Ribeira da Lama, o qual será descrito à frente.

6 – SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA: Uma vez que estas águas residuais apresentam características de alguma gravidade em caso de descarga inadvertida, acidental no meio ambiente, quer pelas características da sua composição como pelas quantidades elevadas da sua produção, propõe-se a previsão da instalação de um sistema de contenção de emergência. Este sistema poderá atuar sempre que se verifique uma situação de inoperacionalidade da *ETARI* na totalidade ou em algum dos seus órgãos. Assim, prevê-se que todos os órgãos da *ETARI* proposta estejam conectados a um sistema de By-Pass, que, em caso de emergência, poderá descarregar numa cisterna flexível, de montagem imediata, a qual poderá reter em situação de emergência, devendo ser dimensionado este volume de emergência aquando do projeto de execução

6 – PRODUÇÃO DE LAMAS:

Adotando os princípios de funcionamento enunciados anteriormente, prevê-se a produção de lamas nas seguintes etapas:

- *Tratamento Preliminar*, nomeadamente sólidos, hidrocarbonetos e óleos, areias.

- *Tratamento Primário*, nomeadamente sólidos, hidrocarbonetos e óleos, areias.

- *Coagulação / Floculação*, nomeadamente lamas de decantação.

- *Tratamento Preliminar*, nomeadamente sólidos, hidrocarbonetos e óleos, areias:

A quantidade de lamas produzidas é de difícil avaliação neste momento, devendo ser calculada no momento da realização do projeto de execução.

TRATAMENTO E DESTINO FINAL DAS LAMAS

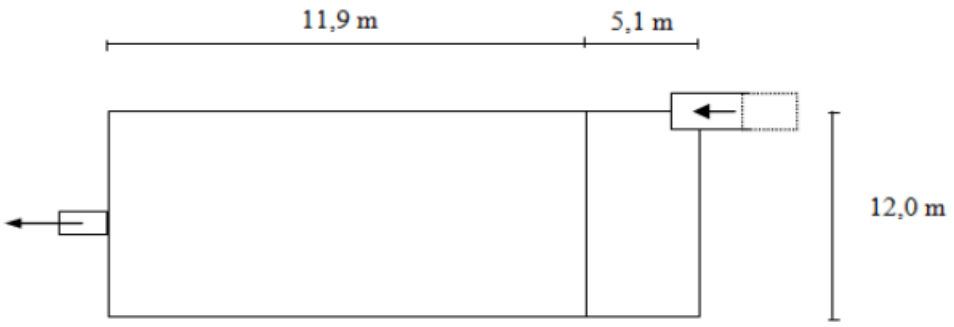
As lamas produzidas anualmente, deverão ser desidratadas através de um espessador gravítico, prevendo-se uma diminuição do volume final. Estas lamas desidratadas deverão ser inicialmente armazenadas no armazém de resíduos e posteriormente encaminhadas para destino final adequado, após a sua caracterização físico-química, a contratar no decurso do funcionamento do sistema. Os meios de enchimento dos filtros deverão ser susbtituídos pelo menos ao fim de 2 anos ao serviço. Neste caso, deve ser programada a sua substituição e contratar uma empresa habilitada para a realização desta manutenção, a qual poderá executá-la em poucas horas, retirando o enchimento para destino adequado.

8.2.6. Estação de Tratamento de Águas Mineiras (ETAM)

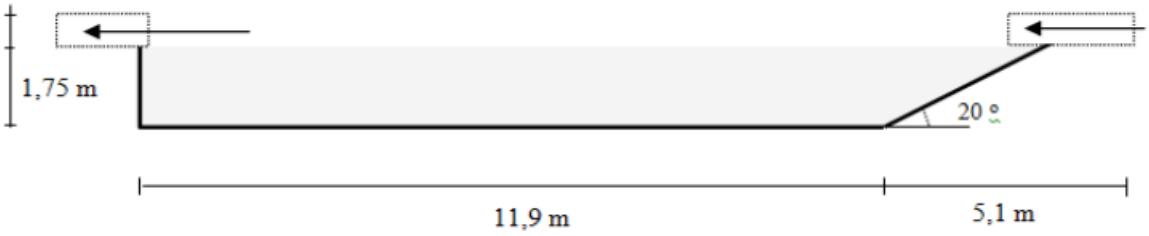
As águas provenientes da mina propriamente dita, deverão ser tratadas numa *ETAM*, a qual deverá ter as seguintes particularidades:

1 - TRATAMENTO PRELIMINAR: A água proveniente da deverá passar por um separador de hidrocarbonetos, para retirar eventuais óleos e hidrocarbonetos.

2 – BACIA DE DECANTAÇÃO: Os efluentes provenientes da Mina, após a separação dos hidrocarbonetos deverão ser encaminhados para uma bacia de decantação, a qual deverá ter uma configuração do tipo da representada na Figura 42.



Esquema da configuração da bacia de decantação (Planta).



Esquema da configuração da bacia de decantação (Corte).

Figura 345 – Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de https://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf)

3 – ENCAMINHAMENTO FINAL: Finalmente o efluente mineiro será encaminhado para o reservatório de água bruta da corta mineira. Em caso de necessidade de descarga no meio hídrico, prevê-se que essa descarga se realize no ponto de captação do Moinho do Inferno, na *Ribeira do Candedo*.

6 – SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA: Uma vez que estas águas efluentes não apresentam características de gravidade em caso de descarga inadvertida e/ou acidental no meio ambiente, prevê-se que, em caso de alguma emergência, como por exemplo a inundação das zonas de exploração devido a chuvadas intensas ou a eventual ocorrência hidráulica de alguma magnitude na Mina, as águas excedentárias tenham um encaminhamento para o topo das escombreiras.

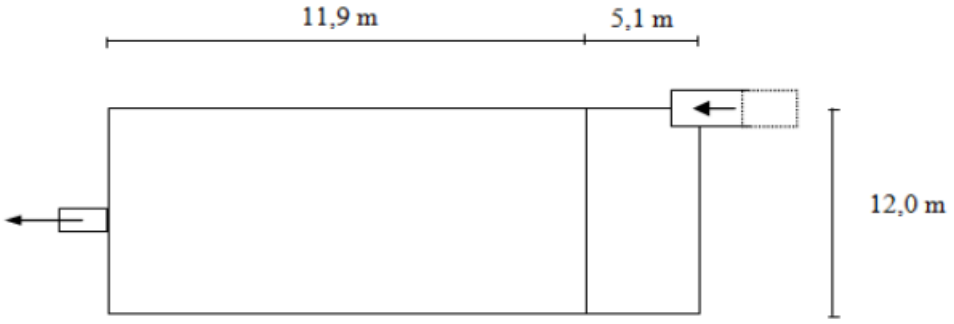
6 – PRODUÇÃO DE RESÍDUOS E LAMAS:

É previsível a produção de lamas resultantes dos separadores de hidrocarbonetos. Não é possível quantificar esta produção, no entanto recomenda-se a programação da limpeza destes resíduos de gorduras e hidrocarbonetos pelo menos uma vez por ano, por empresa especializada, a qual efetuará a operação em poucas horas, retirando os resíduos e encaminhado os mesmos para destino adequado. Quanto aos sólidos separados na bacia de decantação, prevê-se a realização de uma manutenção anual de retirada de sólidos e seu encaminhamento para as zonas superiores das escombreiras, não sendo previsível a sua quantificação.

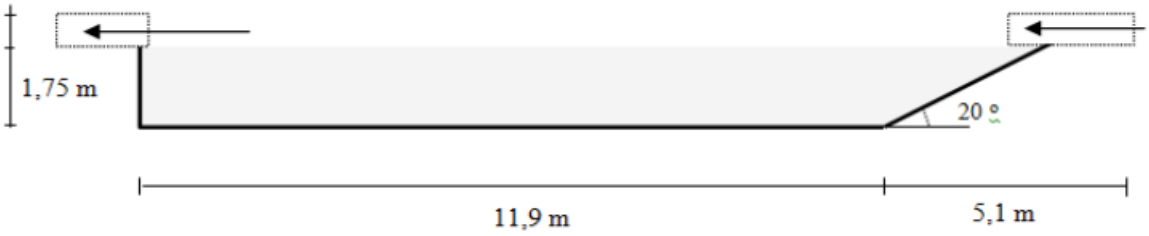
8.2.7. Bacias de Decantação (BD)

As águas provenientes das *Escombreiras Nascente* e Poente, deverão ser tratadas numa *BD*, a qual deverá ter as seguintes particularidades:

1 – BACIA DE DECANTAÇÃO: Os efluentes provenientes das *Escombreiras Nascente* e Poente, após a separação dos hidrocarbonetos deverão ser encaminhados para uma bacia de decantação, a localizar em cada uma das escombreiras, as quais deverão ter uma configuração do tipo da representada na Figura 43.



Esquema da configuração da bacia de decantação (Planta).



Esquema da configuração da bacia de decantação (Corte).

Figura 346 – Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de https://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf)

2 – ENCAMINHAMENTO FINAL: Finalmente as águas decantadas serão encaminhadas para o reservatório de água bruta da corta mineira. Em caso de necessidade de descarga no meio hídrico, prevê-se que essa descarga se realize no ponto de captação do *Moinho do Inferno*, na *Ribeira do Candedo*, no caso da *Escombreira Poente*, ou para o ponto de captação da *Carvalhosa*, na *Ribeira de Rebordelo.*

3 – SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA: Uma vez que estas águas efluentes não apresentam características de gravidade em caso de descarga inadvertida e/ou acidental no meio ambiente, prevê-se que, em caso de alguma emergência, como por exemplo a inundação das zonas de exploração devido a chuvadas intensas ou a eventual ocorrência hidráulica de alguma magnitude na Mina, as águas excedentárias tenham um encaminhamento para o topo das escombreiras.

4 – PRODUÇÃO DE RESÍDUOS E LAMAS:

Os sólidos separados na bacia de decantação deverão sofrer uma manutenção anual de retirada de sólidos e seu encaminhamento para as zonas superiores das escombreiras, não sendo previsível a sua quantificação.

8.2.8. Sistemas de Tratamento de Águas Drenadas de Zonas Impermeabilizadas (AIMP)

Nos diversos locais impermeabilizados, nomeadamente no CAM, e nas zonas de apoio à mina, onde haja a possibilidade de estacionamento de viaturas ou de maquinarias, deverão adotar-se os seguintes princípios gerais de prevenção, aplicáveis a todos os locais onde ocorram estas águas, a implantar de acordo com o desenvolvimento das redes de drenagem de águas, descrita a seguir, o permita:

- Em todas as superfícies dos locais de atividade, impermeabilizadas ou não, deverá haver a construção de uma rede de drenagem natural de contenção a essas áreas, devendo as águas das escorrências naturais ser apartadas destas por uma rede periférica de contenção, por forma a impedir a mistura de águas contaminadas com águas não contaminadas;

- Todas as águas que tenham passado por superfícies aonde se parqueiem ou estacionem máquinas ou veículos automóveis, deverá ser instalado um separador de hidrocarbonetos;

- Todas as águas que tenham passado por superfícies aonde tenha sido possível o arrasto e a suspensão de partículas sólidas, de qualquer dimensão, deverão passar por um reservatório de decantação antes de serem libertadas no meio hídrico;

- Os princípios enunciados atrás aplicam-se mesmo que que as águas sejam direcionadas para o reservatório de água bruta.

Serão indicadas nas peças desenhadas as localizações previstas para estas estruturas de prevenção.

Os resíduos que serão produzidos são os seguintes:

- Hidrocarbonetos, os quais deverão ser aspirados periodicamente, em princípio trimestralmente, devendo ser armazenados em contentores adequados, a localizar no armazém de resíduos,

8.3. Sistemas de Descarga no Meio Hídrico

Em todos os locais de descarga de águas consideradas como efluentes no meio hídrico, nomeadamente os três pontos de descarga deste projeto: na ribeira que passa no Moinho do Inferno; na ribeira que passa na Carvalhosa; no Ribeiro da lama; deverá ter-se em atenção e construir sistemas de descarga de tempestade, por forma a dissipar a energia cinética da água antes da sua entrega ao meio hídrico, por forma a eliminar a possibilidade de fenómenos de erosão extrema nos locais de descarga e destruição de habitats ripícolas.

8.4. Listagem dos reagentes a utilizar no tratamento de água e de águas residuais

8.4.1. Sistema de Produção de Água Industrial – SPAI

REAGENTES UTILIZADOS:

a) Óxido de Cálcio

Constituintes Principais: > 90% Óxido de Cálcio

Quantidades Consumidas Anualmente: 10 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 1 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em sacos de papel de 25 Kg, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia de betão ou produto cimentício.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade de 20 m^3.

b) Coagulante

Constituintes Principais: Sulfato de alumínio e amónio dodecahidratado ≥98 %,

Quantidades Consumidas Anualmente: 3 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 500 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em sacos de PEAD de 25 Kg, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia de betão ou produto cimentício.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade mínima de 10 m^3.

c) Floculante

Constituintes Principais: > 90% Etanaminio, N,N,N-trimethyl-2-[(1-oxo-2-propenil)oxi]-, cloro, polímero com 2-propenamida

Quantidades Consumidas Anualmente: 3 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 500 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em sacos de PEAD de 25 Kg, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia de betão ou produto cimentício.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade mínima de 10 m^3.

d) Hipoclorito de Sódio

Constituintes Principais: Solução de hipoclorito de sódio 12 %

Quantidades Consumidas Anualmente: 20 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 2 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em IBC de PEAD de 1 000 Litros, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia revestida a epoxy.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade de 20 m^3.

8.4.2. Sistema de Produção de Água Desmineralizada

REAGENTES UTILIZADOS:

a) Hidróxido de Sódio

Constituintes Principais: Hidróxido de sódio <50 %

Quantidades Consumidas Anualmente: 1 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 1 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em IBC de PEAD de 1 000 Litros, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia revestida a epoxy.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade de 20 m^3.

b) Ácido Clorídrico

Constituintes Principais: Ácido clorídrico < 38 %

Quantidades Consumidas Anualmente: 1 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 1 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em IBC de PEAD de 1 000 Litros, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia revestida a epoxy.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade de 20 m^3.

8.4.3. Estação de Tratamento de Águas Residuais – ETAR

REAGENTES UTILIZADOS:

a) Coagulante

Constituintes Principais: Sulfato de alumínio e amónio dodecahidratado ≥98 %,

Quantidades Consumidas Anualmente: 1 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 500 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em sacos de PEAD de 25 Kg, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia de betão ou produto cimentício.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade mínima de 10 m^3.

b) Floculante

Constituintes Principais: > 90% Etanaminio, N,N,N-trimethyl-2-[(1-oxo-2-propenil)oxi]-, cloro, polímero com 2-propenamida

Quantidades Consumidas Anualmente: 1 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 500 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em sacos de PEAD de 25 Kg, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia de betão ou produto cimentício.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade mínima de 10 m^3.

c) Hipoclorito de Sódio

Constituintes Principais: Solução de hipoclorito de sódio 12 %

Quantidades Consumidas Anualmente: 10 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 2 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em IBC de PEAD de 1 000 Litros, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia revestida a epoxy.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade de 20 m^3.

8.4.4. Estação de Tratamento de Águas Industriais do Concentrador – ETARIC

REAGENTE UTILIZADO:

a) Hidróxido de Sódio

Constituintes Principais: Hidróxido de sódio <50 %

Quantidades Consumidas Anualmente: 20 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 1 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em IBC de PEAD de 1 000 Litros, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia revestida a epoxy.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade de 20 m^3.

8.4.5. Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais – ETARI

REAGENTES UTILIZADOS:

a) Hidróxido de Sódio

Constituintes Principais: Hidróxido de sódio <50 %

Quantidades Consumidas Anualmente: 5 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 1 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em IBC de PEAD de 1 000 Litros, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia revestida a epoxy.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade de 20 m^3.

b) Ácido Clorídrico

Constituintes Principais: Ácido clorídrico < 38 %

Quantidades Consumidas Anualmente: 5 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 1 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em IBC de PEAD de 1 000 Litros, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia revestida a epoxy.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade de 20 m^3.

c) Coagulante

Constituintes Principais: Sulfato de alumínio e amónio dodecahidratado ≥98 %,

Quantidades Consumidas Anualmente: 5 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 1 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em sacos de PEAD de 25 Kg, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia de betão ou produto cimentício.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade mínima de 20 m^3.

d) Floculante

Constituintes Principais: > 90% Etanaminio, N,N,N-trimethyl-2-[(1-oxo-2-propenil)oxi]-, cloro, polímero com 2-propenamida

Quantidades Consumidas Anualmente: 5 000 Kg

Quantidades Máximas Armazenadas: 1 000 Kg

Forma e Condições de Armazenamento: O produto apresenta-se embalado em sacos de PEAD de 25 Kg, devendo ser armazenado em local abrigado da humidade em bacia de betão ou produto cimentício.

Bacias de Retenção: A bacia de retenção poderá ser a própria bacia de armazenamento, a qual deverá ter uma capacidade mínima de 20 m^3.

Sintetizam-se em dois quadros abaixo apresentados os reagentes consumidos nos sistemas de produção de água e os reagentes consumidos nas estações de tratamento de águas residuais.

Tabela 46 - Reagentes Consumidos nos Sistemas de Produção de Água

Reagente	Consumo Anual	Quantidade Máxima Armazenada	Condições de Armazenamento
Água Industrial			
Óxido de Cálcio	10 t	1 t	Sacos de papel de 25 kg colocados numa bacia de retenção / armazenamento de 20 m^3
Coagulante (Sulfato de amónio e amónio decahidratado)	3 t	0,5 t	Sacos de PEAD de 25 kg colocados numa bacia de retenção / armazenamento com capacidade mínima de 10 m^3
Floculante (Etanaminio, N,N,N-trimethyl-2-[(1-oxo-2-propenil)oxi]-, cloro, polímero com 2-propenamida)	3 t	0,5 t	Sacos de PEAD de 25 kg colocados numa bacia de retenção / armazenamento com capacidade mínima de 10 m^3
Solução de Hipoclorito de Sódio 12%	20 t	2 t	IBCs de PEAD de 1 m^3 colocados em bacia de retenção revestida a epoxy com capacidade de 20 m^3
Água Desmineralizada			
Solução de Hidróxido de Sódio <50%	1 t	0,1 t	IBCs de PEAD de 1 m^3 colocados em bacia de retenção revestida a epoxy com capacidade de 20 m^{3*}
Ácido Clorídrico <38%	1 t	0,1 t	IBCs de PEAD de 1 m^3 colocados em bacia de retenção revestida a epoxy com capacidade de 20 m^{3*}

Tabela 47 - Reagentes Consumidos nas Estações de Tratamento de Águas Residuais

Reagente	Consumo Anual	Quantidade Máxima Armazenada	Condições de Armazenamento
ETAR			
Coagulante (Sulfato de alumínio e amónio dodecahidratado)	1 t	0,5 t	Sacos de PEAD de 25 kg colocados numa bacia de retenção / armazenamento com capacidade mínima de 10 m^3
Floculante (Etanaminio, N,N,N-trimethyl-2-[(1-oxo-2-propenil)oxi]-, cloro, polímero com 2-propenamida)	1 t	0,5 t	Sacos de PEAD de 25 kg colocados numa bacia de retenção / armazenamento com capacidade mínima de 10 m^3
Solução de Hipoclorito de Sódio 12%	10 t	2 t	IBCs de PEAD de 1 m^3 colocados em bacia de retenção revestida a epoxy com capacidade de 20 m^3
ETARIC			
Solução de Hidróxido de Sódio <50%	20 t	1 t	IBCs de PEAD de 1 m^3 colocados em bacia de retenção revestida a epoxy com capacidade de 20 m^{3*}
ETARI			
Solução de Hidróxido de Sódio <50%	5 t	1 t	IBCs de PEAD de 1 m^3 colocados em bacia de retenção revestida a epoxy com capacidade de 20 m^{3*}
Ácido Clorídrico <38%	5 t	1 t	IBCs de PEAD de 1 m^3 colocados em bacia de retenção revestida a epoxy com capacidade de 20 m^{3*}
Coagulante (Sulfato de alumínio e amónio dodecahidratado)	5 t	1 t	Sacos de PEAD de 25 kg colocados numa bacia de retenção / armazenamento com capacidade mínima de 20 m^3
Floculante (Etanaminio, N,N,N-trimethyl-2-[(1-oxo-2-propenil)oxi]-, cloro, polímero com 2-propenamida)	5 t	1 t	Sacos de PEAD de 25 kg colocados numa bacia de retenção / armazenamento com capacidade mínima de 20 m^3

9. Descrição das Redes de Drenagem e Abastecimento de Água

9.1. Introdução

No presente capítulo pretende-se fazer uma descrição das diversas redes que materializam os princípios atrás referidos. As redes hidráulicas que fazem parte do complexo do romano são as seguintes:

- Rede de drenagem de águas pluviais;
- Rede de drenagem de águas residuais domésticas;
- Rede de drenagem de águas residuais industriais;
- Rede de drenagem de águas residuais industriais do concentrador;
- Rede de abastecimento de água potável;
- Rede de abastecimento de água industrial;
- Rede de combate a Incêndio.

O complexo tem duas possíveis configurações, “Solução A” e “Solução B” em que a alteração principal é a mudança da localização do Complexo de Anexos Mineiros.

Na tabela seguinte pode ser observada a relação dos reservatórios que constituem as diversas redes.

Tabela 48 - Relação dos reservatórios constituintes das redes hidráulicas

Reservatório	V(m3)	Material	Localização	Função
Reservatório de Água Bruta 1	180000	Terreno natural e betão	Junto à M525 com a lâmina de água à cota máxima 855	Armazenamento de Água Bruta para posteriomente ser tratada na ETAI
Reservatório de Água Bruta 2	425000	Terreno natural e betão	Junto à M525 com a lâmina de água à cota máxima 847	Armazenamento de Água Bruta para posteriomente ser tratada na ETAI
Reservatório de Água Bruta 3	2x150	Betão	Junto à plataforma de acesso à mina à cota 870	Reservatório que recebe água da plataforma da mina e do RdAB 4 e o envia para os RdAB1 e RdAB2
Reservatório de Água Bruta 4	2x150	Betão	Junto à mina à cota 940	Reservatório que recebe água das captações da Ribeira do Moinho do Inferno, da Ribeira da Carvalhosa e da ETAM, e a envia para o RdAB3
Reservatório de Água Potável 1	2x50	Betão	Junto à M525 à cota 840	Recebe a água da adutora das Águas do Norte e por bombagem a envia para os reservatórios à cota 1000
Reservatório de Água Potável 2	2x100	Betão	à cota 1000	Recebe a água dos depósitos à cota 840. A distribuição de AP ao complexo é feita a partir destes reservatórios.
Reservatório de Água Industrial 1	2x50	Betão	Junto à M525 à cota 840	Recebe a água da ETAI e por bombagem a envia para os reservatórios à cota 1000
Reservatório de Água Industrial 2	4x3000	Betão	à cota 1000	Recebe a água dos depósitos à cota 840. A distribuição de AI ao complexo é feita a partir destes reservatórios.
Reservatório de Água Residual	2x400	Betão	à cota 840, junto à ETAR	Recebe a água resultante do processo de tratamento na ETAR

Toda a rede será remotamente monitorizada, com indicações dos níveis de reserva nos reservatórios e estado de funcionamento dos equipamentos, e também controlada, podendo os equipamentos serem acionados remotamente, para que possa ser feita uma gestão adequada dos recursos.

9.2. Rede de drenagem de águas pluviais

A rede de drenagem de águas pluviais é a rede que transporta o maior caudal e com o qual se pretende suprir a maior parte das necessidades hídricas. As principais áreas a drenar serão as seguintes:

- Plataforma do CAM
- Plataforma do acesso à mina
- Depósito de estéreis

Esta rede será instalada ao longo dos vários arruamentos e demais infraestruturas.

9.2.1. Plataforma do CAM

Esta rede drenará a água de toda a plataforma do CAM através de sumidouros e caleiras, e dos ramais de ligação provenientes das coberturas e plataformas dos vários edifícios. O caudal será transportado por coletores, intercalados por caixas de visita, até ao reservatório de água bruta, passando antes por uma bacia de retenção (BdR) e por um separador de hidrocarbonetos (SdH). Na "Solução A" o coletor fica enterrado até chegar ao reservatório de água bruta, e na "solução B" terá um troço suspenso no tapete de transporte de material até atingir a plataforma de acesso à mina a partir do qual será ligado à rede geral. Em ambas as soluções, o transporte da água será feito por gravidade.

9.2.2. Plataforma do acesso à mina

Esta rede drenará toda a plataforma através de sumidouros e caleiras, cujo caudal será transportado por coletores intercalados por caixas de visita até ao reservatório de água bruta colocado à cota 870, passando antes por uma bacia de decantação e por um separador de hidrocarbonetos. Os coletores serão na generalidade enterrados e sob a ponte serão suspensos. Nas bases dos taludes de escavação serão criados canais de drenagem para encaminhar estas águas diretamente para a rede de drenagem evitando a sua contaminação nas plataformas.

9.2.3. Depósitos de estéreis

Tal como já referido, serão criados dois depósitos de estéreis, designados de nascente e poente. Ambos os depósitos serão circunscritos por valas de drenagem de forma a encaminhar a água para determinados pontos coincidentes com as linhas de água intercetadas por estes depósitos, nos quais serão construídas bacias de retenção, onde a água sofrerá um processo de decantação, antes que seja considerada adequada para libertação em meio hídrico, que será, no caso do depósito poente, na ribeira que passa no Moinho do Inferno ou, no caso do depósito nascente, na ribeira que passa na Carvalhosa. Em ambas as ribeiras será criada uma pequena captação com uma altura muito limitada e um espelho d´água também limitado em termos de área, com descarga permanente do caudal ecológico e descarregador de superfície para casos de tempestade. A partir daqui a água é bombeada para um reservatório à cota 940. Este receberá também a água proveniente da ETAM. A partir daqui a água é enviada para o reservatório à cota 870.

A montante das valas de drenagem já referidas, serão criadas outras para desviar as águas superficiais que escorrem pelo terreno natural diretamente para as linhas de água.

Nas imagens seguintes podem ser observados os esquemas de princípio para a rede de águas pluviais para as soluções A e B.

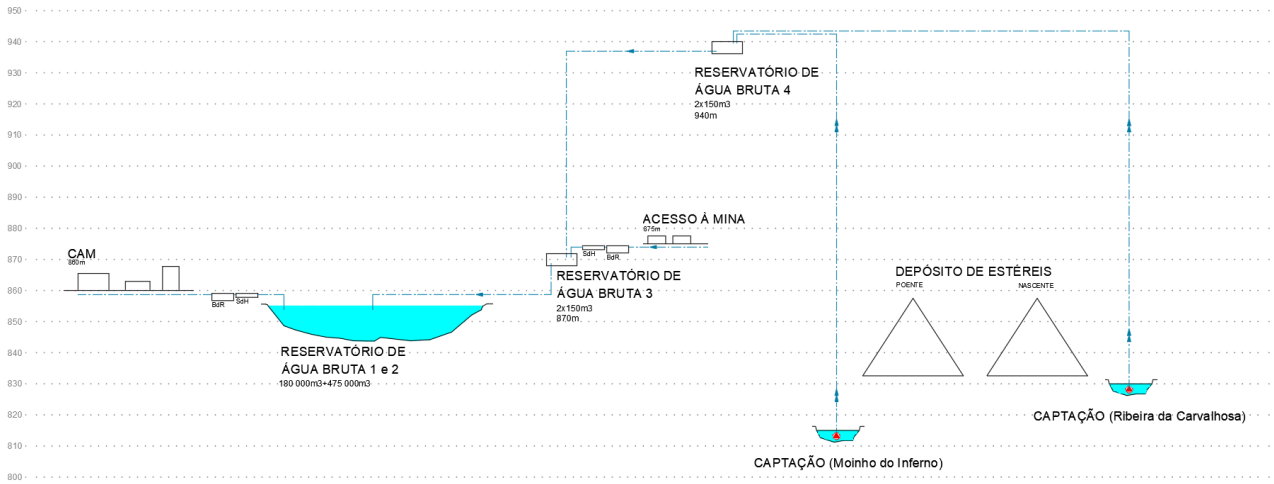


Figura 347 – Esquema de princípio da rede de drenagem de águas pluviais - Solução A

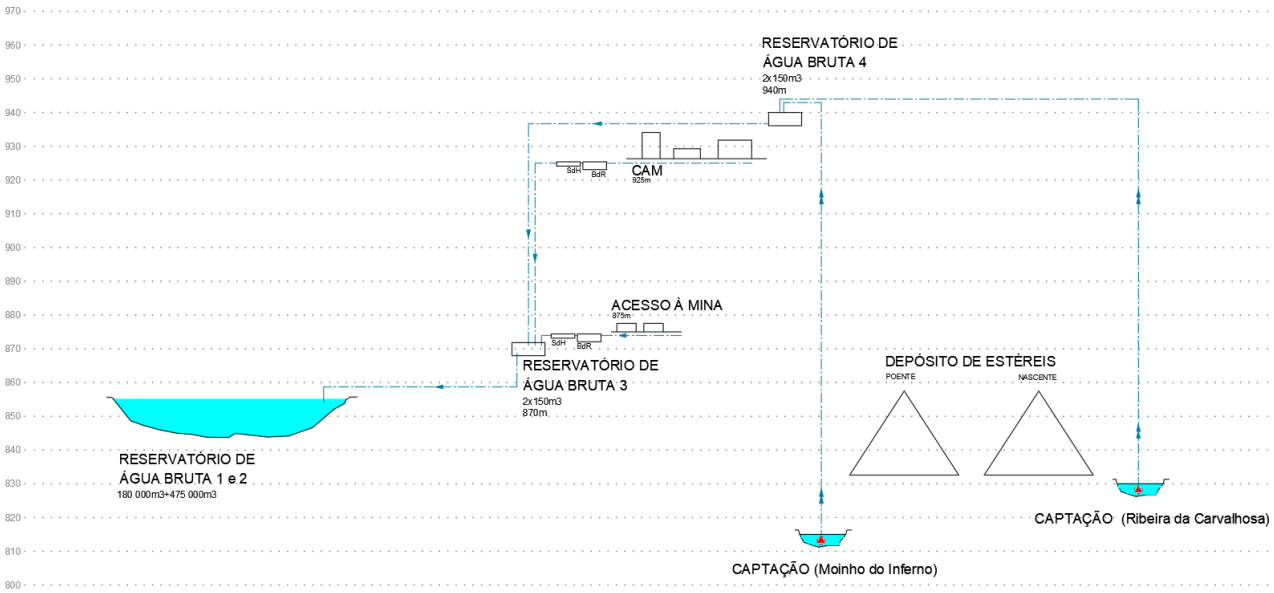


Figura 348 – Esquema de princípio da rede de drenagem de águas pluviais - Solução B

9.3. Rede de drenagem de águas residuais domésticas

As principais áreas a drenar serão as seguintes:

- Plataforma do CAM

- Plataforma do acesso à mina

- Área do laboratório e centro de controlo

Esta rede será composta por coletores principais, intercalados por caixas de visita, aos quais serão ligados os ramais de ligação dos vários edifícios.

Tal como já referido, pretende-se que o esgoto tratado na ETAR do complexo da Mina do "Romano" possa ser transferido para os reservatórios de água para regas e lavagens.

9.3.1. Plataforma do CAM

A rede drenará o esgoto de toda a plataforma proveniente das ligações aos vários edifícios até à ETAR colocada junto à M525 e numa cota que permite receber todo o esgoto por gravidade. Na "Solução A" o coletor anda enterrado até chegar à ETAR e na "solução B" terá um troço suspenso no tapete de transporte de material até atingir a plataforma de acesso à mina a partir do qual será ligado à rede geral. Em ambas as soluções, o transporte da água será feito por gravidade

9.3.2. Plataforma do acesso à mina

A rede drenará o esgoto de toda a plataforma proveniente das ligações aos vários edifícios até à ETAR. Os coletores serão na generalidade enterrados e sob a ponte serão suspensos.

9.3.3. Área do laboratório e centro de controlo

Para esta zona, tendo em conta a distância à rede geral e o caudal produzido, a execução de uma rede enterrada tem um custo/benefício muito elevado, e por isso o esgoto será encaminhado para uma fossa estanque que será esvaziada periodicamente. O esgoto será depois transportado para a ETAR.

9.4. Rede de drenagem de águas residuais industriais

Esta rede terá início nos edifícios ou equipamentos que pela sua natureza possam produzir águas residuais resultantes de manutenções, tais como lavagens, manutenções de maquinarias, mudanças de produtos e equipamentos consumíveis, etc., as quais poderão necessitar de algum tipo de descontaminação e tratamento antes de serem enviadas para o

meio hídrico. Esta rede transportará por gravidade o esgoto até uma Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais. A água resultante do processo é enviada para o reservatório de água bruta.

9.5. Rede de drenagem de águas residuais industriais do Concentrador

Esta rede terá início no edifício do Concentrador, que se situa na plataforma do CAM, e transportará o esgoto para uma estação de tratamento específica. A água resultante do processo é enviada para o reservatório de água bruta.

9.6. Rede de abastecimento de água potável

A rede de abastecimento de água potável será distribuída a todos os edifícios do complexo. O abastecimento será feito a partir de um reservatório colocado aproximadamente à cota 1000m que é abastecido por bombagem a partir de um reservatório à cota 840, que por sua vez é abastecido a partir da adutora das Águas do Norte.

Nas imagens seguintes podem ser observados os esquemas de princípio para a rede de abastecimento de água potável para as soluções A e B.

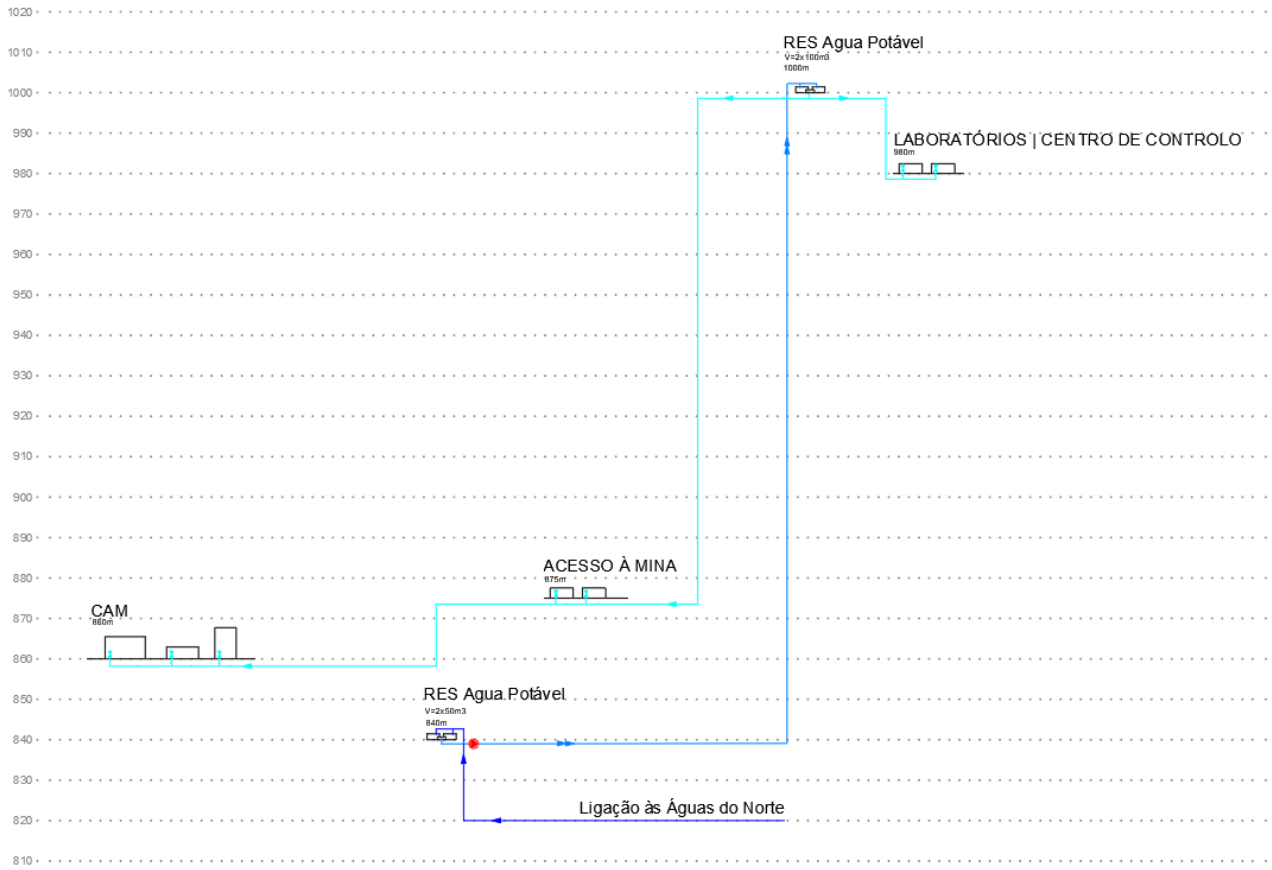


Figura 349 – Esquema de princípio da rede de água potável - Solução A

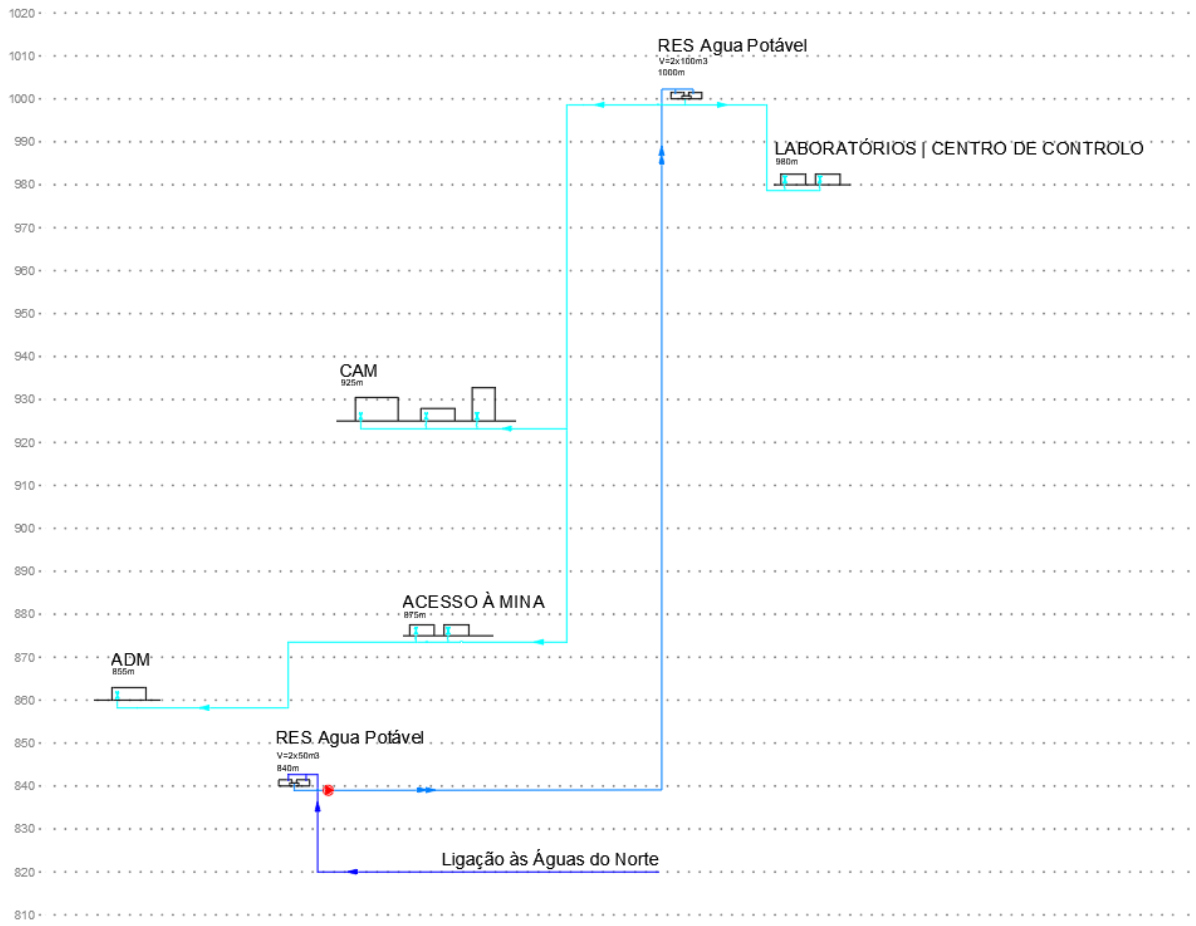


Figura 350 – Esquema de princípio da rede de água potável - Solução B

9.7. Rede de abastecimento de água industrial

A rede de abastecimento de água industrial será distribuída a todos os edifícios do complexo. O abastecimento será feito a partir de um reservatório colocado aproximadamente à cota 1000 m que é abastecido por bombagem a partir de um reservatório à cota 840, que é alimentado a partir da ETAI que tratará as águas provenientes do reservatório de água bruta.

Nas imagens seguintes podem ser observados os esquemas de princípio para a rede de abastecimento de água industrial para as soluções A e B.

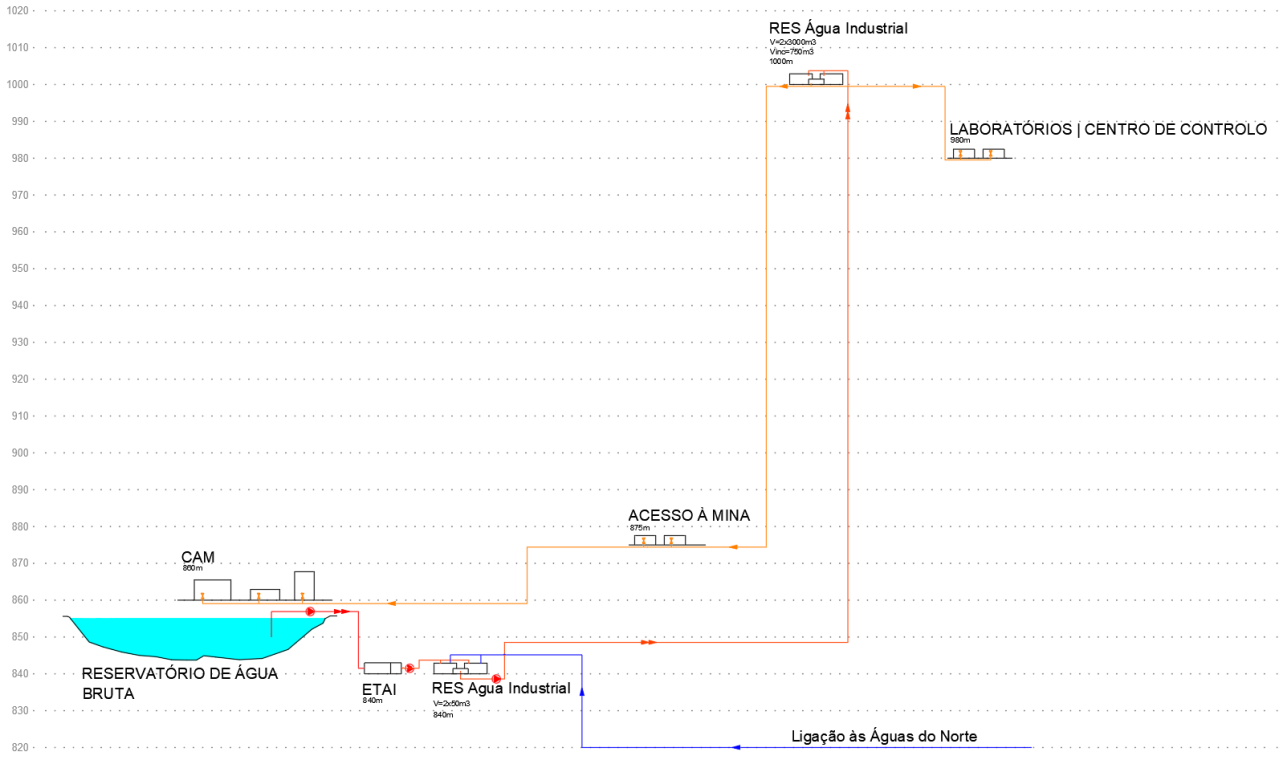


Figura 351 – Esquema de princípio da rede de água industrial - Solução A

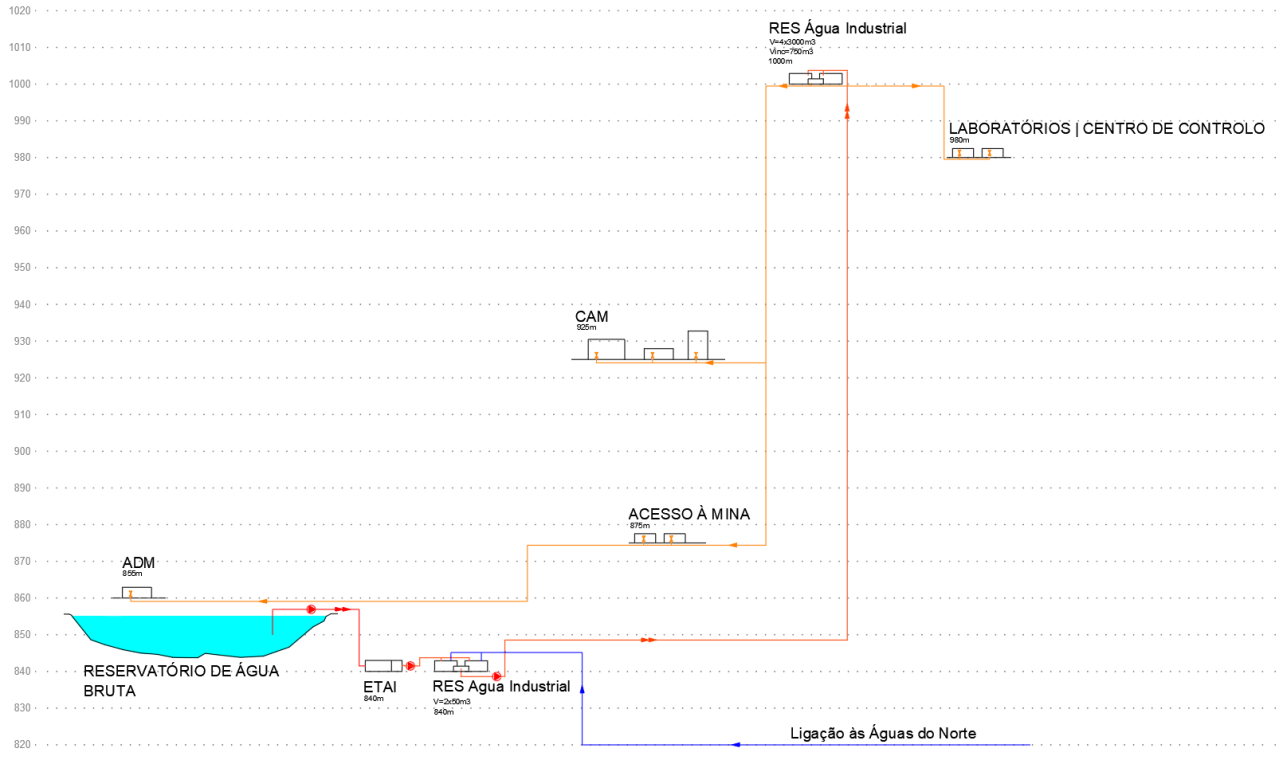


Figura 352 – Esquema de princípio da rede de água industrial - Solução B

9.8. Rede combate a incêndio

Existirá uma rede de combate a incêndio a partir dos reservatórios de água industrial, colocados à cota 1000, que alimentará os reservatórios dos edifícios do grupo de intervenção e diversos marcos de incêndio colocados estrategicamente junto aos edifícios nas plataformas de acesso à mina e do CAM.

10. Conclusão

O presente trabalho servirá de ponto de partida para o desenvolvimento de todos os projetos finais relativos às redes das diversas tipologias de águas, que alimentarão a Mina e o CAM, sendo também a base para o EIA e o correspondente processo de AIA.

Montalegre, 26 de julho de 2021

Os Autores do trabalho:

João Fonseca - Engenheiro do Ambiente – O.E. 37011

João Miguel da Costa Rodrigues - Engenheiro Geólogo - O.E. 42173

Afonso Osório – Engenheiro Civil – O.E. 41034

(Página intencionalmente deixada em branco)

Referências Bibliográficas

[1] CARVALHO, J M (2003). "Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas". Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Geociências (Hidrogeologia Aplicada), sob a sua exclusiva responsabilidade. Universidade de Aveiro. DOI:http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0322-3_18. Disponível em: <http://ria.ua.pt/handle/10773/5016?mode=full&submit_simple=mostrar+registo+em+formato+completo>

[2] GONÇALVES, E J (2013). Cartografia hidrogeológica das áreas de Valongo, de Paredes e de Arouca. Recursos Hídricos, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Volume 36 (01), 25-6.

[3] LEKGOWE, O. & MAGOWE, M. (2009). "Folheto Explicativo do Mapa e Atlas Hidrogeológico da Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral". Assistência Técnica à Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral. pp. 1 – 51. União Europeia e GTZ. Disponível em http://www.sadc.int

[4] Metcalf & EDDIE (1991). Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. INTERNATIONAL EDITION,.

[5] STRUCKMEIER, W F & MARGAT, J (1995). "Hydrogeological Maps. A Guide and a Standard Legend". Volume 17. pp. 1 – 177. International Contributions to Hydrogeology, Founded by Castany, G., Groba, E. & Ronijn, E. International Association of Hydrogeologists. Verlag Heinz Heise. ISBN 3-922705-98-7.

[6] Notícia Explicativa da Carta Geológica 1:50 000, Folha 6A (Montalegre).

[7] Notícia Explicativa da Carta Geológica 1:50 000, Folha 6B (Chaves).

Gonçalves, J. (2015) Caudal ecológico dos grandes aproveitamentos hidroelétricos portugueses. Tese de mestrado em Engenharia Civil— Especialização em Construções, Universidade do Porto.

[8] INAG, DSP – Caudais ecológicos em Portugal, Instituto da Água, Direcção de Serviços de Planeamento, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, 2002.

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO VII – RESÍDUOS

ENTIDADE PROMOTORA: LUSORECURSOS PORTUGAL LITHIUM, S.A.

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

VII. RESÍDUOS 680
1. Introdução 680

(Página intencionalmente deixada em branco)

VII. RESÍDUOS

1. Introdução

O presente documento corresponde ao Plano de Gestão de Resíduos da Mina do “Romano”, elaborado tendo em consideração com o decreto-lei n. º 10/2010 de 4 de fevereiro, para os resíduos resultantes da prospeção, extração, tratamento, transformação e armazenagem de recursos minerais, bem como da exploração das minas, designados por resíduos de extração e o Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro, para os resíduos resultantes da operacionalidade da mina (construção, exploração, desativação).

(Página intencionalmente deixada em branco)

CAPÍTULO VIII – EDIFÍCIOS

ENTIDADE PROMOTORA: LUSORECURSOS PORTUGAL LITHIUM, S.A.
PARCEIRO TECNOLÓGICO: GRID E ARQUITETO PEDRO MAGALHÃES

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

VIII. EDIFÍCIOS 691

1. Instalações de produção de compostos de lítio, gestão de rejeitados e demais infraestruturas associadas 700

1.1. Edifício de britagem 700

1.2. Lavaria (moagem + flutuação) 702

1.3. Unidade de Calcinação, Fábrica Hidrometalúrgica e respetivas chaminés 704

1.4. Unidade de espessamento e Unidade de filtração 707

1.5. Parque de resíduos sólidos secos e Parque de resíduos 709

1.6. Armazém de produto acabado e Armazém de Feldspato/Quartzo 711

1.7. Armazém Substância Perigosas, depósito de dióxido de carbono e silos de ácido fluorídrico 713

2. Instalações administrativas, sociais e médicas 715

2.1. Administração 717

2.2. Área social 718

2.3. Centro médico 719

2.4. Área pessoal/Primeiros socorros 721

3. Instalações técnicas, manutenção e segurança do CAM 723

3.1. Oficinas – Mina 723

3.2. Oficinas 725

3.3. Serviços técnicos e serviços técnicos – Mina 726

3.4. Edifício grupo de intervenção e edifício do grupo de intervenção Mina 730

4. Instalações de produção de energia 734

4.1. Subestação elétrica e postos de transformação 734

4.2. Unidade autónoma de gás natural 734

4.3. Posto de abastecimento de combustível 740

4.4. Painéis Fotovoltaicos 742

5. Instalações de tratamento de águas residuais domésticas, industriais e mineiras 746

5.1. Tratamento preliminar 747

5.2. Estação de tratamento de águas industriais – ETAI 748

5.3. Estação de Tratamento de Águas Residuais Domésticas – ETAR 749

5.4. Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais – ETARI 751

5.5. Estação de Tratamento de Águas Mineiras (ETAM) 753

5.6. Bacias de Decantação (BD) 753

5.7. Sistemas de Tratamento de Águas Drenadas de Zonas Impermeabilizadas (AIMP) 754

5.8. Sistemas de Descarga no Meio Hídrico 755

6. Reservatórios de água 756
7. Centro de controlo e laboratórios 765
7.1. Laboratório de Geologia 765
7.2. Posto de Controlo e portão de Norte, posto de controlo e portão Sul e portão de controlo 771
8. Instalações de apoio às operações mineiras 772
8.1. Plataforma Boca da Mina 772
8.2. Depósito de minério bruto 772
8.3. Torva 772
8.4. Telas transportadoras 773
8.5. Depósito temporário de estéril 796
8.6. Central de backfill 797
8.7. Vias de acesso 801
8.8. Viaduto 804
8.9. Escombreira de estéreis 806
9. Interdependência entre componentes 808

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 353 - Planta síntese do Complexo de Anexos Mineiros e Zona de exploração da Solução A 693
Figura 354 - Pormenor do Complexo de Anexos Mineiros para a solução A 695
Figura 355 - Planta síntese do Complexo de Anexos Mineiros e Zona de exploração da Solução B 696
Figura 356 - Pormenor do Complexo de Anexos Mineiros para a solução B 697
Figura 357 - Localização do edifício de britagem 701
Figura 358 - Exemplo de uma Unidade de flutuação completa da Metso- Outotec 702
Figura 359 - Localização dos edifícios de Moagem (2) e de Flutuação (3) no CAM, solução A 703
Figura 360 - Localização dos edifícios de Moagem (2) e de Flutuação (3) no CAM, solução B. 703
Figura 361 - Exemplo de uma Fábrica Hidrometalúrgica para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade" 704
Figura 362 - Localização das chaminés (Ch) (8) para o fluxograma de processo detalhado sobre o processo "acid leaching" para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade" na unidade de calcinação (06) e na fábrica hidrometalúrgica (07) para a Solução A do CAM. 705
Figura 363 - Localização das chaminés (Ch) (8) para o fluxograma de processo detalhado sobre o processo "acid leaching" para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade" na unidade de calcinação (06) e na fábrica hidrometalúrgica (07) para a Solução B do CAM. 705
Figura 364 - Unidade de espessamento e unidade de filtração (5) para a Solução A do CAM. 708
Figura 365 - Unidade de espessamento e unidade de filtração (5) para a Solução B do CAM. 708
Figura 366 - Localização do parque de resíduos sólidos secos (10) e parque de resíduos (11) no Complexo de Anexos Mineiros da solução A 710
Figura 367 - Localização do parque de resíduos sólidos secos (10) e parque de resíduos (11) no Complexo de Anexos Mineiros da solução B 710
Figura 368 - Armazém de feldspato/quartzo (08) e armazém de produto acabado (09) na solução A 711
Figura 369 - Armazém de feldspato/quartzo (08) e armazém de produto acabado (09) na solução B 712
Figura 370 - Silos de ácido fluorídrico (15) e depósitos de dióxido de carbono (16) na solução A do CAM 714
Figura 371 - Silos de ácido fluorídrico (15) e depósitos de dióxido de carbono (16) na solução B do CAM 714
Figura 372 - Complexo de Anexos Mineiros – Edifício administrativo (40), Centro Médico (41) e Área social (42) – Solução A do CAM 715
Figura 373 - Complexo de Anexos Mineiros -Centro Médico (41) e Área social (42)– Solução B do CAM 716
Figura 374 - Edifício administrativo (40) – Solução B do CAM 716
Figura 375 - Área de pessoal/primeiros socorros (43) – do CAM 717
Figura 376 - Layout com instalações de manutenção e afastamento geográfico do posto de abastecimento de combustíveis 723
Figura 377 - Layout com instalações de manutenção – Oficinas Mina 724
Figura 378 - Complexo de Anexos Mineiros – Oficinas (29) – Solução B do CAM 725
Figura 379 - Complexo de Anexos Mineiros – Serviços Técnicos (33) – Solução A do CAM 727
Figura 380 - Complexo de Anexos Mineiros – Serviços técnicos (33) – Solução B do CAM 727

Figura 381 - Serviços técnicos – Mina (34) 728
Figura 382 - Edifício do Grupo de Intervenção – Mina (32) 730
Figura 383 - Edifício do Grupo de Intervenção (31) 732
Figura 384 - Reservatórios 735
Figura 385 - Sistema de vaporização GNL 736
Figura 386 - Ligações 737
Figura 387 - Tubagens para a circulação de gás natural 738
Figura 388 - Exemplo de tubagem para a circulação de gás natural 738
Figura 389 - Exemplo de juntas dielétricas 739
Figura 390 - Implantação no Edifício de Serviços técnicos 744
Figura 391 - Implantação no Edifício de Pessoal 744
Figura 392 - Implantação no Edifício da Administração 744
Figura 393 - Implantação no Edifício do Centro Médico 744
Figura 394 - Implantação no Edifício de Pessoal (Boca da Mina) 744
Figura 395 - Implantação no Parque de Estacionamento Boca da Mina 744
Figura 396 - Implantação no Parque de Estacionamento Principal (Opção A) 745
Figura 397 - Implantação no Parque de Estacionamento Principal (Opção B) 745
Figura 398 - Layout da localização da ETAR'S na solução A do CAM 746
Figura 399 - Layout da localização da ETAR'S na solução B do CAM 747
Figura 400 - Exemplo de uma obra de entrada com gradagem, desarenamento e canal Parshall 747
Figura 401 - Vista da ETAR preconizada para a Mina do "Romano", a qual produz um efluente totalmente preparado para reutilização 749
Figura 402 - Vista de um sistema compacto de coagulação / floculação capaz de tratar os efluentes gerados na ETARI do Romano (Retirado a partir de https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/coagulation-floculation/generalites) 752
Figura 403 - Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de https://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf) 753
Figura 404 - Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de https://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf) 754
Figura 405 - Reservatórios 1 e 2 em cascata, com estruturas de contenção em perfil esbelto de betão armado 757
Figura 406 - Reservatórios 1 e 2 em representação topográfica com indicação dos cortes transversais 758
Figura 407 - Corte transversal dos reservatórios 1 e 2 759
Figura 408 - Cortes transversais para efeitos de cálculo e Engenharia de construção dos reservatórios 1 e 2 760
Figura 409 - Layout reservatórios de água bruta 3 761
Figura 410 - Layout reservatórios de água bruta 4 762
Figura 411 - Layout reservatórios de potável 1 762
Figura 412 - Layout reservatórios de potável 2 763
Figura 413 - Layout reservatórios de água industrial 1 763
Figura 414 - Layout reservatórios de água industrial 2 764
Figura 415 - Layout reservatórios de água residual 764
Figura 416 - Esboço do "layout" da concessão "Romano" onde se representam o Laboratório de geologia (35) e os serviços técnicos Mina (34) 766

Figura 417 - Esboço geral do laboratório de geologia, com uma respetiva área de serventia para uma caroteca 768
Figura 418 - Esboço geral do laboratório de geologia 768
Figura 419 - Layout do depósito de minério bruto 772
Figura 420 - Exemplo de uma torva para depósito do minério bruto na tela transportadora . 773
Figura 421 - Exemplo de um tambor motriz 777
Figura 422 - Exemplo de rolamentos 777
Figura 423 - Exemplo de tambor de tensão 778
Figura 424 - Exemplo motor elétrico 779
Figura 425 - Exemplo de tambores auxiliares 780
Figura 426 - Exemplo de estações de rolos 780
Figura 427 - Exemplo de tambores auxiliares 782
Figura 428 - Exemplo de raspadores de limpeza 783
Figura 429 - Exemplo de guias de carregamento 784
Figura 430 - Exemplo de estação de retorno 785
Figura 431 - Exemplo de estação de tensão por contrapeso vertical 785
Figura 432 - Exemplo de cobertura das telas transportadoras 787
Figura 433 - Exemplo de torres de transferência 788
Figura 434 - Exemplo de uma torre de transferência totalmente vedada 789
Figura 435 - Exemplo de um edifício de carga de camiões 790
Figura 436 - Exemplo de um compressor 791
Figura 437 - Exemplo de cabo de acionamento 792
Figura 438 - Exemplo de um detetor de desvio de banda 792
Figura 439 - Exemplo de detetores de tipo indutivo para controlo de deslizamento 793
Figura 440 - Exemplo de botão de comando local 795
Figura 441 - Layout do depósito temporário de estéril 797
Figura 442 - Exemplo de uma Central de Backfill 798
Figura 443 - Layout exemplificativo de outro projeto de Central de Backfill 800
Figura 444 - Exemplo compactação 801
Figura 445 - Planta Geral da Solução A 802
Figura 446 - Planta Geral da Solução B 803
Figura 447 - Via de Acesso ao CAM 804
Figura 448 - Perfis Transversais Tipo e Pormenores 805
Figura 449 - Layout das alternativas de escombreira para a concessão do Romano 807

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 89 - Lista de edifícios da área de concessão “Romano” 698
Quadro 90 - Lista enumerada das chaminés referentes à unidade de calcinação e fábrica hidrometalúrgica da concessão “Romano” 706
Quadro 91 - Lista de edifícios a implementar com painéis fotovoltaicos da área de concessão “Romano” .....**Erro! Indicador não definido.**
Quadro 92 - Relação dos reservatórios constituintes das redes hidráulicas 757
Quadro 93 - Características das telas a instalar 775
Quadro 94 - Características das telas a instalar 776
Quadro 95 - Características das telas a instalar 789

(Página intencionalmente deixada em branco)

VIII. EDIFÍCIOS

Este capítulo apresenta como base elucidativa dos edificados e demais infraestruturas, assim como a disposição das demais componentes, de cada edifício integrante do projeto da Concessão do "Romano" C-152.

O Complexo de Anexos Mineiros acolherá as instalações, oficinas, direitos do concessionário para realização de serviços integrantes ou complementares da exploração. De seguida, encontram-se as figuras representativas de todo o complexo, segundo as duas soluções de localização alternativas para o CAM. As plantas e alçados dos edifícios apresentam-se com maior detalhe em documentos individuais e anexos a este projeto, nas referidas especialidades.

A proposta apresentada para a implantação do Complexo de Anexos Mineiros procura uma adaptação às infraestruturas territoriais já existentes para que esta intervenção tenha o menor impacto possível no terreno e na paisagem que caracteriza a envolvente. Após uma análise do terreno natural e das características dos reservatórios de água bruta proposta previamente, chegou-se à conclusão de que a área prevista para a fábrica hidrometalúrgica e edifícios inerentes à sua atividade fosse implantada à cota +855,00 m na solução A. Esta decisão levou à necessidade de repensar a forma como as plataformas, os edifícios e a circulação no interior do complexo se iria adequar à topografia para que o impacto da intervenção no terreno existente seja inferior.

Estão previstas duas rotundas de acesso ao interior do complexo que permitiam uma ligação às vias existentes e a um eixo de circulação a ser criado a Nordeste do terreno. Esta análise mais detalhada da topografia percebeu-se que a rotunda situada a Noroeste se encontrava a uma cota muito elevada relativamente à cota de implantação da fábrica hidrometalúrgica. Em alternativa a esta rotunda, uma ligação viária com a rotunda do eixo de circulação principal (que se encontra à cota +850,00 m) e fazer a partir daqui a ligação para o interior do complexo através de uma pendente reduzida.

A criação de rotundas e respetivo talude no lado Noroeste do terreno permite que a cota da implantação do estacionamento, edifícios de pessoal e administrativos seja mais próxima da fábrica hidrometalúrgica. Esta alteração melhora a circulação no interior do complexo e também diminui o impacto visual que a volumetria dos edifícios da fábrica hidrometalúrgica têm a partir do ponto de vista das povoações que se situam a Nordeste do complexo.

O impacto visual da fábrica hidrometalúrgica é filtrado assim pelo talude, por vegetação alta e por uma frente de edifícios administrativos com uma linguagem arquitetónica de carácter mais rural e de montanha. O mesmo cenário e análise aplica-se à solução B proposta, mas a cota definida foi de +925,00 m.

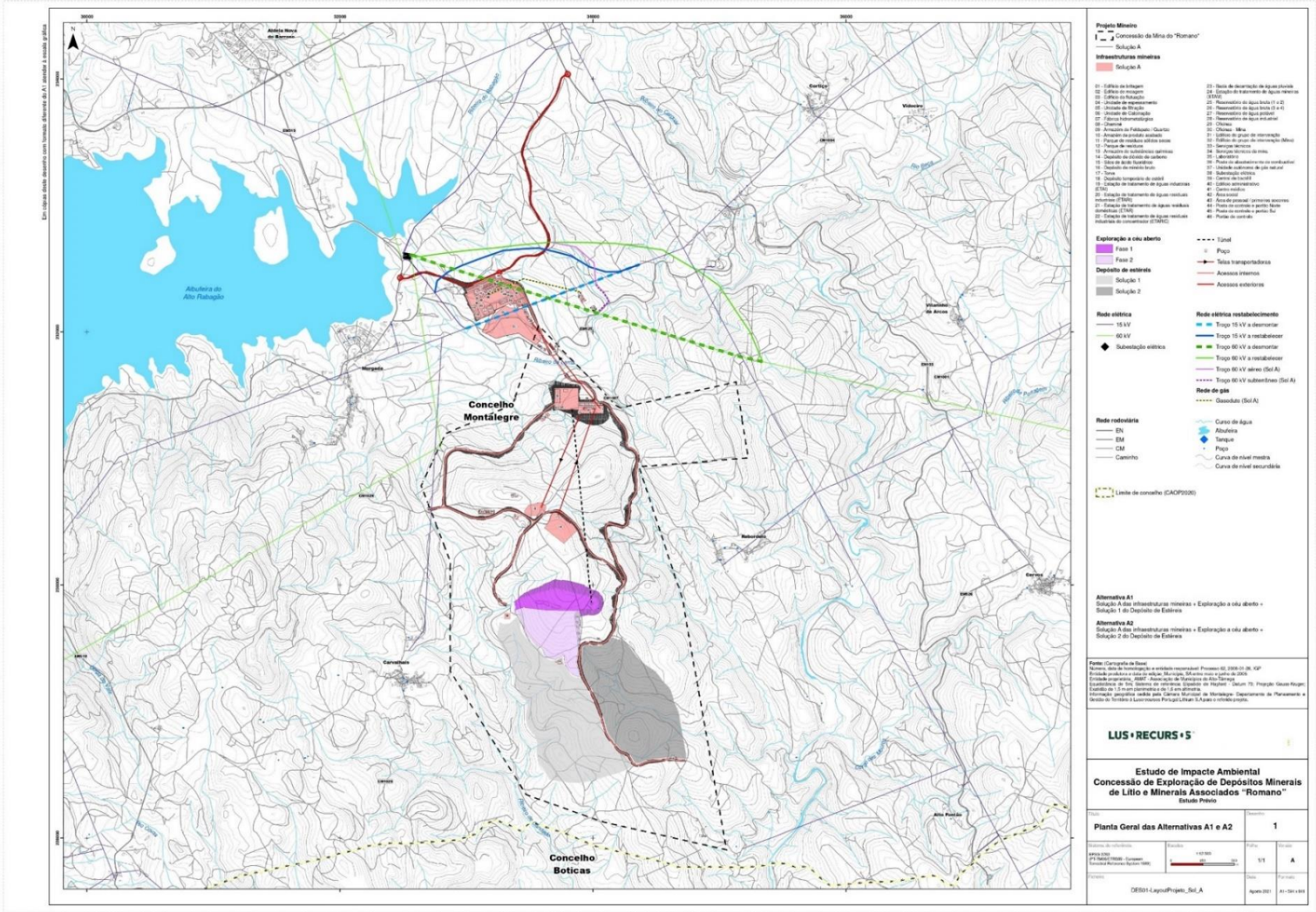


Figura 353 - Planta síntese do Complexo de Anexos Mineiros e Zona de exploração da Solução A

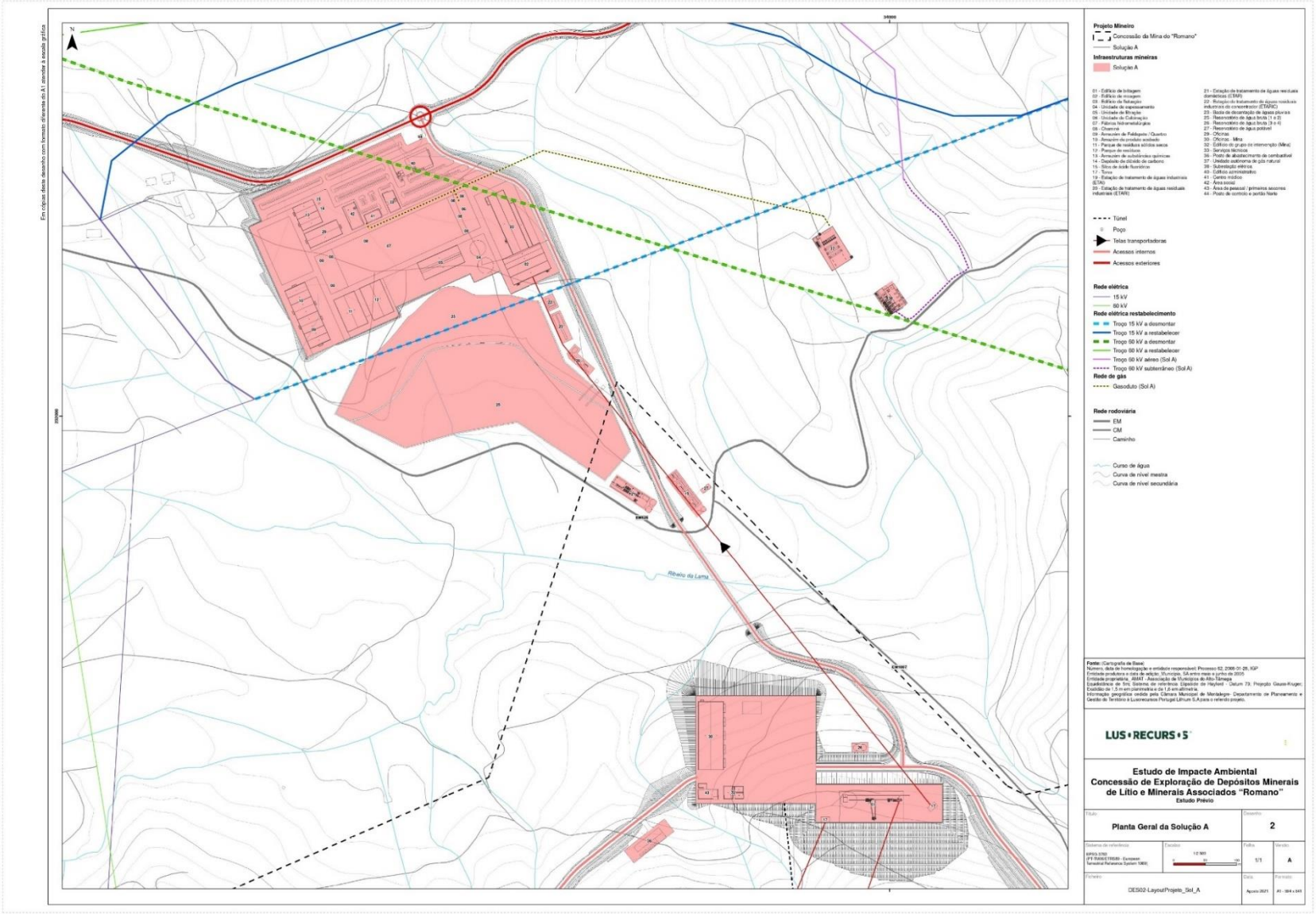

Em cópias desta desenho com formato diferente do A1 atender à escala gráfica
N
Projeto Mineiro
Concessão da Mina do "Romano"
Solução A
Infraestruturas mineiras
Solução A
Túnel
Poço
Telas transportadoras
Acessos internos
Acessos exteriores
Rede elétrica
15 kV
60 kV
Rede elétrica restabelecimento
Troço 15 kV a desmontar
Troço 15 kV a restabelecer
Troço 60 kV a desmontar
Troço 60 kV a restabelecer
Troço 60 kV aéreo (Sol A)
Troço 60 kV subterrâneo (Sol A)
Rede de gás
Gasoduto (Sol A)
Rede rodoviária
EM
CM
Caminho
Curso de água
Curva de nível mestra
Curva de nível secundária
Ribeiro da Lama
LUS•RECURS•5
Estudo de Impacte Ambiental
Concessão de Exploração de Depósitos Minerais de Lítio e Minerais Associados "Romano"
Estudo Prévio
Planta Geral da Solução A
2
1/1
A
DES02-Layout\Projeto_Sol_A
Agosto 2021

Figura 354 - Pormenor do Complexo de Anexos Mineiros para a solução A

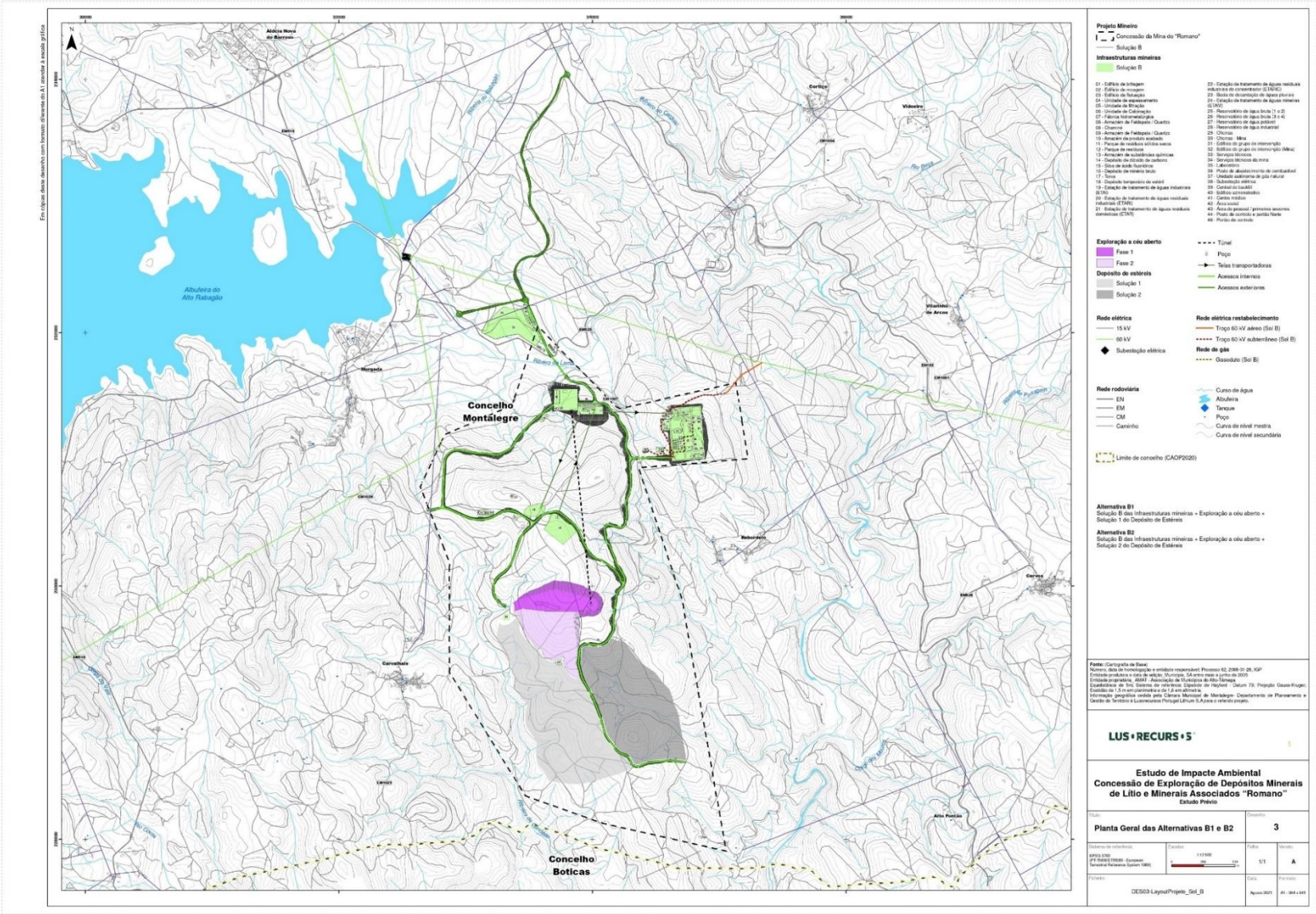


Figura 355 - Planta síntese do Complexo Mineiro e Anexos de exploração da Zona de Solução B

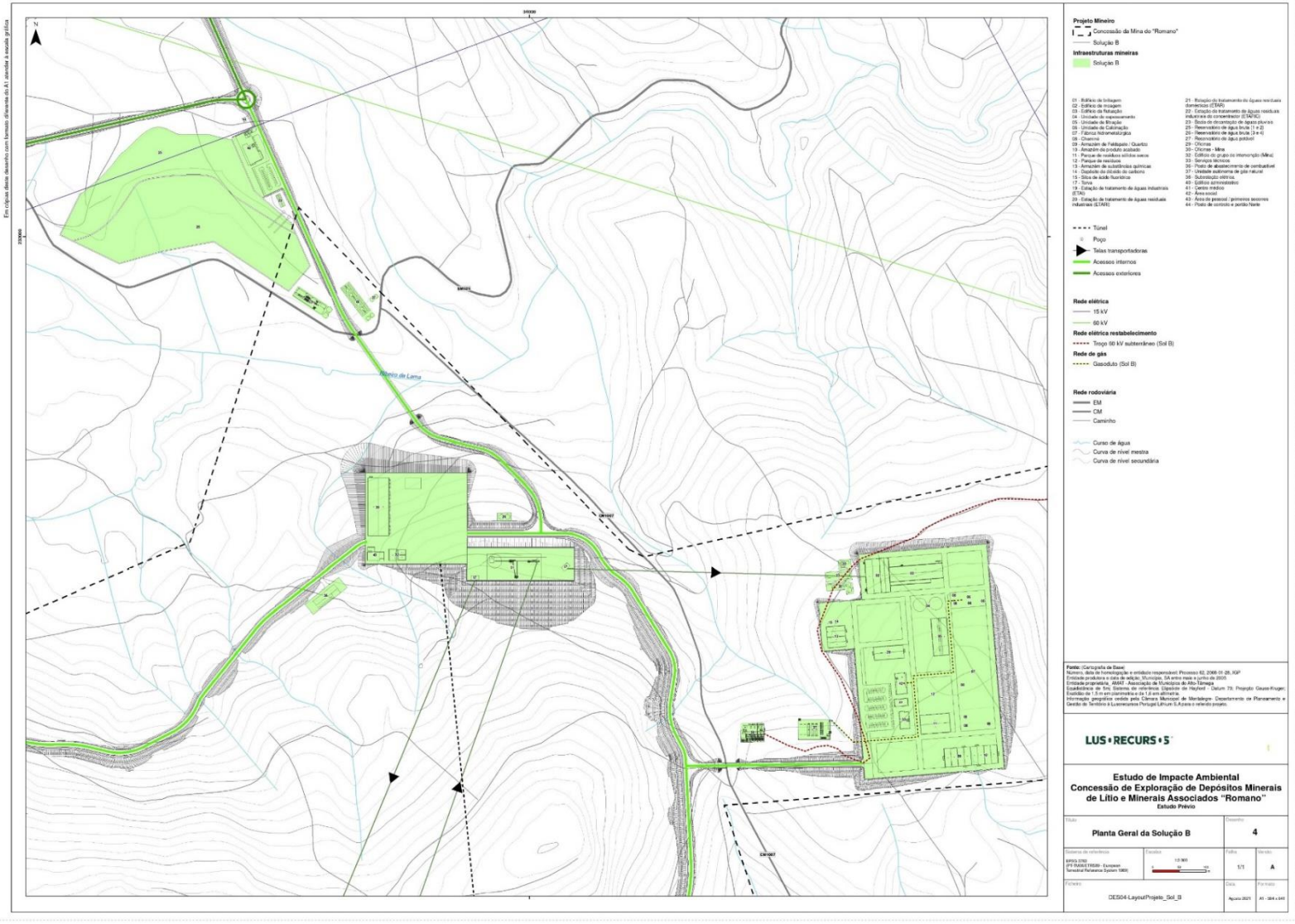


Figura 356 - Pormenor do Complexo de Anexos Mineiros para a solução B

De seguida e de forma síntese, estabelece-se no quadro abaixo, os edifícios prioritários para enquadramento e exposição das infraestruturas mais pertinentes. De referir que independentemente da solução A ou B, os edifícios e suas áreas serão iguais, sendo as alterações ao nível da localização e disposição dos mesmos, conforme a solução apresentada.

Quadro 89 - Lista de edifícios da área de concessão "Romano"

Nº	Edifício/Áreas de trabalho	Área de implantação (m²)
1	Edifício de Britagem	5 000
2	Edifício da Moagem	2 900
3	Edifício da Flutuação	3 388
4	Unidade de Espessamento	-
5	Unidade de Filtração	2 100
6	Unidade de Calcinação	1 950
7	Fábrica Hidrometalúrgica	1 950
8	Chaminés	-
9	Armazém de Feldspato/Quartzo	1 750
10	Armazém de Produto Acabado	1 750
11	Parque de Resíduos Sólidos secos	1 925
12	Parque de Resíduos	1 925
13	Armazém de Substâncias Químicas	1 400
14	Depósito de dióxido de carbono	30
15	Silos de ácido fluorídrico	45
16	Depósito de minério bruto	36 350
17	Torva	-
18	Depósito temporário de estéril	12 700
19	Estação de tratamento de águas industriais (ETAI)	1 570
20	Estação de tratamento de águas residuais industriais (ETARI)	820
21	Estação de tratamento de águas residuais domésticas (ETAR)	1 550
22	Estação de tratamento de águas residuais industriais do concentrador (ETARIC)	1 420
23	Bacia de decantação de águas pluviais	-
24	Estação de tratamento de águas mineiras (ETAM)	1 300
25	Reservatório de água bruta (1 e 2)	77 115
26	Reservatório de água bruta (3 e 4)	800
27	Reservatório de água potável	420
28	Reservatório de água industrial	1 300
29	Oficinas	1 400
30	Oficinas - Mina	4 320

31	Edifício do Grupo de Intervenção	587,50
32	Edifício do Grupo de Intervenção - Mina	587,50
33	Serviços Técnicos	515
34	Serviços Técnicos - Mina	477,10
35	Laboratório de Geologia	786,50
36	Posto de Abastecimento de Combustível	150
37	Unidade autónoma de gás natural	2 270
38	Subestação elétrica	1 450
39	Central de backfill	32 200
40	Edifício Administrativo	1 380
41	Centro Médico	310
42	Área Social	700
43	Área de Pessoal/Primeiros socorros	526
44	Posto de controlo e portão Norte	25
45	Posto de controlo e portão Sul	25
46	Portão de controlo	-

De seguida, segue a descrição de cada uma das estruturas integrantes deste complexo.

1. Instalações de produção de compostos de lítio, gestão de rejeitados e demais infraestruturas associadas

1.1. Edifício de britagem

Neste edifício e áreas adjacentes, ocorrerá a transformação física do minério, que corresponde à etapa inicial do processo na qual o minério bruto extraído é sujeito a operações de crivagem e britagem de forma a obter-se um minério de calibre inferior a 35 mm e em que o estéril é removido por um processo de separação ótica.

Neste sentido, o minério já no interior do Edifício de Britagem, transportado por uma tela transportadora descarrega o minério bruto numa torva, denominada de Torva de Minério 2, a partir da qual o minério é disposto num tapete que alimenta a crivagem primária, iniciando-se este primeiro processo de transformação física do minério. De salientar que a utilização desta tela evita a circulação de camiões/dumpers para o transporte do minério bruto e que pelo fato de ser coberta, minimiza a libertação de eventuais poeiras.

O minério britado é então direcionado para a separação ótica, de forma a se retirarem do circuito as partículas de rocha com coloração escura, associadas às rochas encaixantes estéreis, restando assim as partículas claras associadas ao minério de interesse. Assim, a rocha estéril será reencaminhada por tela transportadora coberta para o depósito temporário de estéril localizado no exterior. O material estéril será depois direcionado para a escombreira de estéril situada a sul da zona de exploração do céu aberto. Por outro lado, a rocha de coloração clara que corresponde ao minério será transportado do Edifício de Britagem para o Edifício de Moagem através de uma tela transportadora coberta.

No edificado, estarão instaladas máquinas de crivagem, britadores e moinhos cónicos, de modo a proceder à diminuição do grão. Como estes processos decorrerão em circuito fechado e contínuo, deverão ser colocados estrategicamente pequenas unidades filtrantes de despoeiramento (mangas e filtros), juntos das principais saídas (crivos, moinhos). Este sistema de despoeiramento filtra a poeira, compacta a mesma numa espécie de bolo compacto e segue na tela transportadora, ou seja, não existirão quaisquer resíduos, aproveitando-se a 100% todo o material britado como anteriormente conferenciado.

A Figura seguinte, remete para a localização, onde ocorrerão os principais processos de fragmentação e consequente cominuição da rocha aplito-pegmatítica extraída, assim como a sua separação por seleção ótica. Esta área terá cerca de 12 000 m^2 e será implementada para a

britagem, para o “sorting” ótico e ainda uma zona de “stacker” para otimização do minério a enviar por tela transportadora para o CAM.

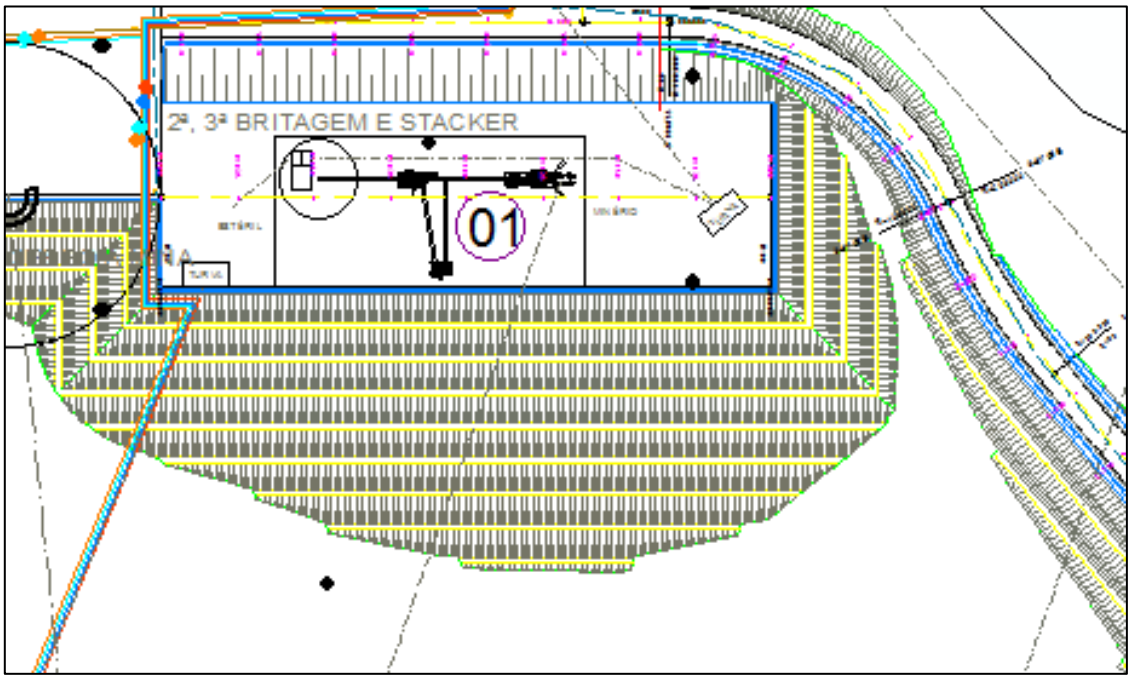


Figura 357 - Localização do edifício de britagem

1.2. Lavaria (moagem + flutuação)

Nestes edifícios, pertencentes ao Complexo de Anexos Mineiros, inicia-se um conjunto de processos de cominuição da rocha aplito-pegmatítica e posterior separação dos diferentes constituintes minerais, recorrendo a diversas metodologias (moagem húmida, separação gravítica e flutuação por espumas).

No edifício de moagem, que possuirá 2 900 m^2, o minério do edifício de britagem é encaminhado para este edifício, onde dá entrada em dois moinhos que procederam a uma cominuição da granulometria do minério por via húmida. Neste edifício, estima-se que tenha uma altura de 24,30 m, com uma possível volumetria de 70 470 m^3 (Figura 359 e Figura 360). O edifício Moagem que alberga o(s) moinho(s) de bolas/rolos albergará dois (2) compartimentos, um compartimento que se refere a uma sala de controlo dos processos (nível superior) e o outro compartimento para a respetiva receção/empilhamento do minério e separação gravítica dos minerais pesados (níveis inferiores).

No edifício da Flutuação, que possuirá 3 388 m^2, o minério com uma granulometria mais fina proveniente do edifício de moagem inicia um processo de separação mineral via flutuação por espumas. Estima-se uma altura de 14,40 m e uma volumetria de 43 462 m^3 (Figura 359 e Figura 360). O minério passará por várias células de flutuação por espumas. O processo de flutuação por espumas objetiva a separação de minerais de uma determinada mistura que apresentam densidades similares entre si, como é o caso da petalite. O método de separação de flutuação por espumas faz uso de propriedades superficiais das partículas minerais que determinam a capacidade e extensão da sua fixação em bolhas de ar geradas em células específicas para o efeito (células ou tanques de flutuação). Como forma exemplificativa, a Figura seguinte representa um sistema completo de células de flutuação.

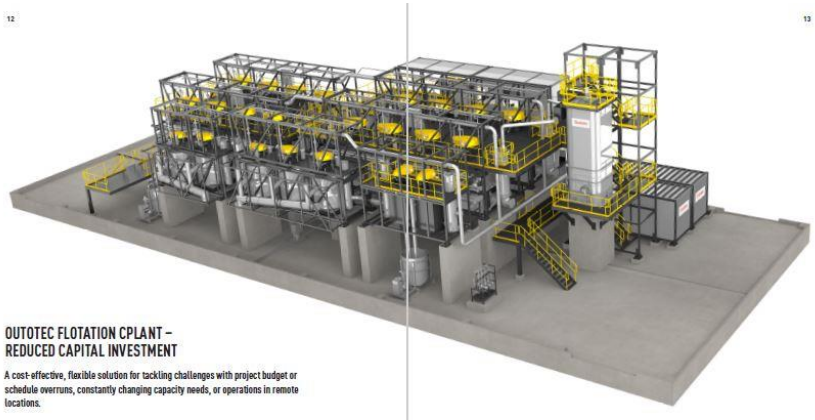


Figura 358 - Exemplo de uma Unidade de flutuação completa da Metso- Outotec

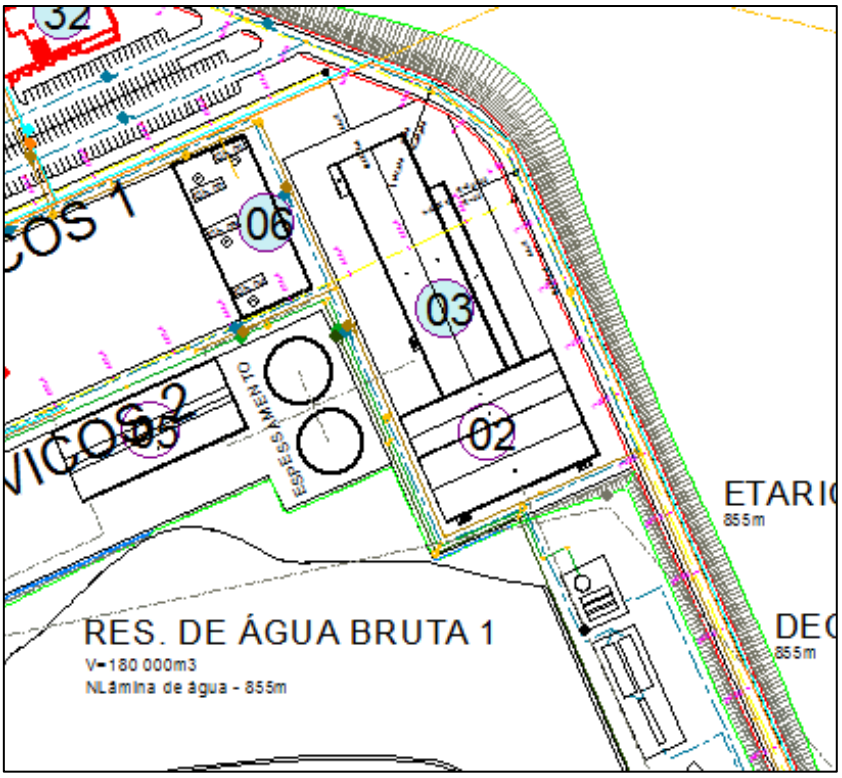


Figura 359 - Localização dos edifícios de Moagem (2) e de Flutuação (3) no CAM, solução A

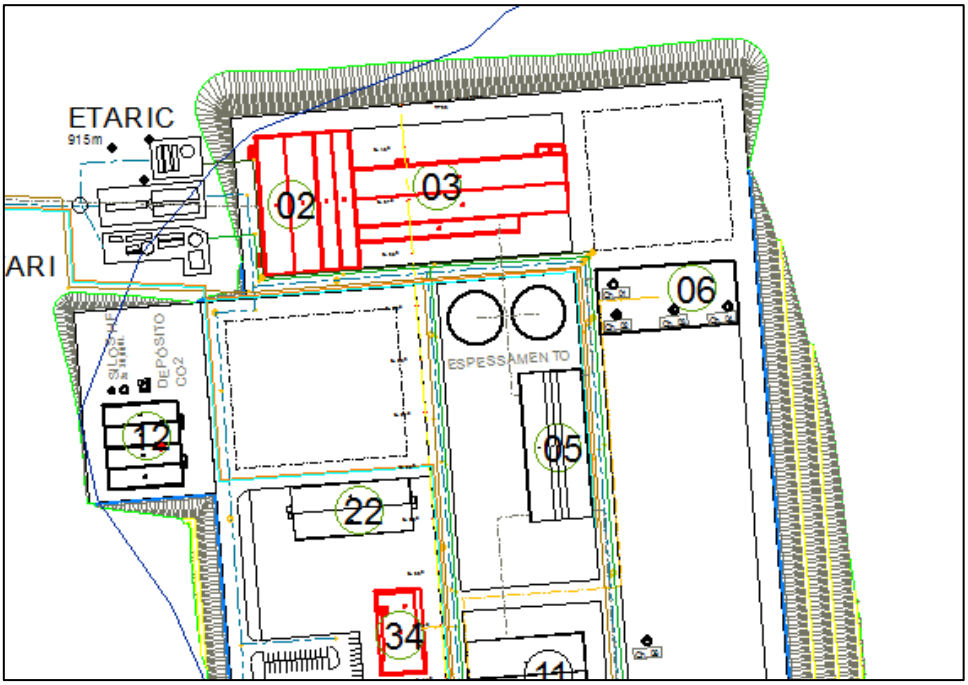


Figura 360 - Localização dos edifícios de Moagem (2) e de Flutuação (3) no CAM, solução B

1.3. Unidade de Calcinação, Fábrica Hidrometalúrgica e respetivas chaminés

Estas duas componentes em conjunto, serão responsáveis pela conversão química do concentrado de petalite em hidróxido de lítio mono-hidratado através dos processos de calcinação e hidrometalurgia via lixiviação ácida.

Como se pode reter pela Figura exemplificativa abaixo, a grande maioria das infraestruturas associadas a estes processos encontrar-se-ão sobretudo não edificadas, ou seja, a céu aberto. Realça-se que existam exceções a nível mundial, no qual todo o processo ocorra dentro de edifícios. Neste caso em concreto, está dimensionado dois edifícios implantados, o primeiro para a unidade de calcinação, e o outro no final da fábrica hidrometalúrgica. As principais razões da edificação ou não, deverão ser diretamente relacionadas com as dimensões da maquinaria e pelos processos envolvidos.

Figura 361 - Exemplo de uma Fábrica Hidrometalúrgica para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade"

Para a unidade de calcinação está previsto uma área de 1 950 m^2, com uma estimativa de altura de 22,0 m e uma volumetria de 42 900 m^3. Por outro lado, o edifício previsto para a fábrica hidrometalúrgica, localizado no final da área total afeta ao processo, apresenta características similares, com uma área de 1 950 m^2, com uma estimativa de 22,0 m de altura e uma volumetria de 42 900 m^3.

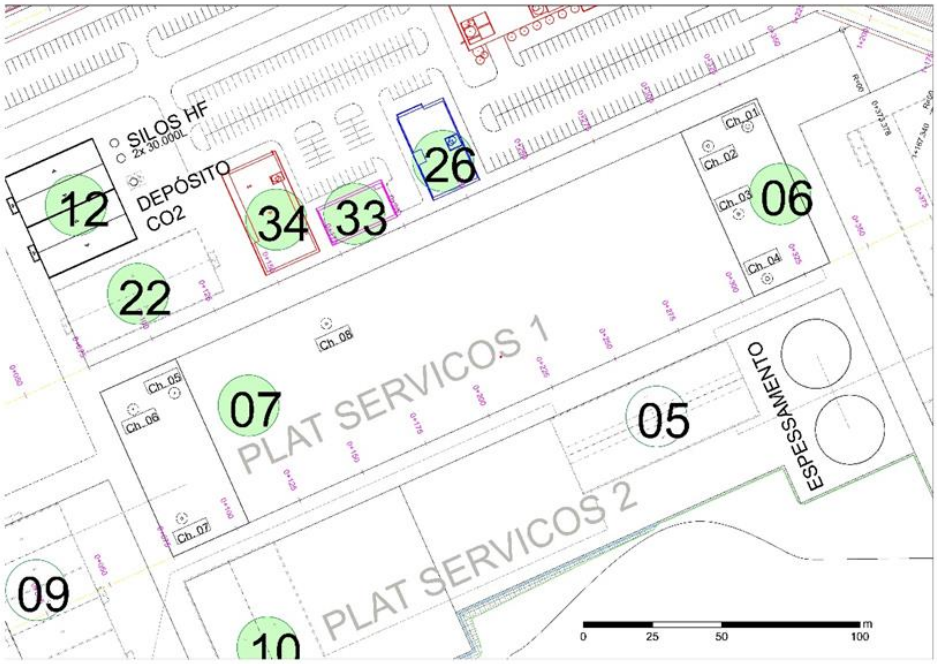


Figura 362 - Localização das chaminés (Ch) (8) para o fluxograma de processo detalhado sobre o processo "acid leaching" para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade" na unidade de calcinação (06) e na fábrica hidrometalúrgica (07) para a Solução A do CAM.

Figura 363 - Localização das chaminés (Ch) (8) para o fluxograma de processo detalhado sobre o processo "acid leaching" para produção de hidróxido de lítio mono-hidratado "battery-grade" na unidade de calcinação (06) e na fábrica hidrometalúrgica (07) para a Solução B do CAM.

O edifício denominado por unidade de calcinação (constituído essencialmente por um calcinador) representa o processo de calcinação, que é um cozimento dos concentrados petalíticos a mais de 1 100 °C. Após a calcinação, os produtos são arrefecidos e, através de um tapete, a ß-espodumena neoformada alimenta os subsequentes processos hidrometalúrgicos que decorrem na fábrica hidrometalúrgica. Quanto à transformação química dos concentrados de petalite, esta é exequível recorrendo à calcinação teórica aproximadamente de 1 100 °C num forno que resulta numa fase amorfa e solúvel denominada de β-espodumena que é de seguida arrefecida a 80°C recorrendo a água.

Serão instalados na fábrica hidrometalúrgica, moinhos, fornos, tanques de lixiviação, tanques de filtração, filtradores de lamas, cristalizadores, centrifugadores e ainda secadores alimentados maioritariamente por vapor.

Como resultado dos processos ocorrentes na unidade de calcinação e na fábrica hidrometalúrgica, existirão oito chaminés dispersas pelas áreas afetas, como se pode verificar pelas figuras acima, para as diferentes soluções do CAM. Essas chaminés possuem diversas funções relacionadas com o propósito da libertação de gases resultantes dos processos, e por isso mesmo, possuem diferentes localizações, alturas e diâmetros (Quadro seguinte).

Quadro 90 - Lista enumerada das chaminés referentes à unidade de calcinação e fábrica hidrometalúrgica da concessão "Romano"

Fonte de emissões (Nº- corresponde à localização da chaminé no layout)	Fluxo de emissões (ktpa)		Temp. saída	Altura	Diâmetro
	Convencional ("acid-leaching")				
	ktpa	m^3/s	°C	m	m
1. Libertação do gás de Calcinação (Queimador e Forno)	250	9.9	70	30	1.5
2. Libertação do gás do moinho de bolas	80	2.7	156	30	1
3. Gás efluente do forno de torrefação ácida	20	0.6	33	30	0.5
4. Libertação do gás de exaustão do Ácido "roast"	100	6.6	135	30	1.5
5. Libertação do gás queimador do secador de hidróxido de lítio	10	0.7	90	20	0.5
6. Libertação do gás do secador de hidróxido de lítio	30	0.8	50	20	0.5
7. Libertação do gás do secador de sulfato de sódio	60	1.9	300	20	0.75
8. Gás de exaustão do queimador da caldeira a vapor	30	1.3	300	20	0.75
Total	**580**	**24.5**			

1.4. Unidade de espessamento e Unidade de filtração

Nestas unidades serão realizados em sequência os devidos processos de espessamento e filtração das lamas excedentes do processo de flutuação por espumas. Deste modo, tenciona-se assim, com o método de filtração dos rejeitados torna-se possível recircular um volume de água muito elevado no Complexo de Anexos Mineiros, evitando o desperdício e acumulação da mesma numa qualquer lagoa de rejeitados confinados em diques, diminuindo assim a necessidade de água fresca por tonelada de ROM.

Portanto a Lusorecursos antevê que os "tailings" resultantes do processamento industrial serão sujeitos a etapas adicionais de espessamento e filtragem segundo o procedimento da Metso - Outotec (Finlândia), para que a pasta resultante possa ser depositada a seco "dry stacking" com um teor de humidade entre 10 e 20%. Este tipo de abordagem permite um maior ângulo de armazenagem devido ao espessamento das mesmas, que lhes confere uma maior coesão. Pastas com densidade superior minimizam também as remotas hipóteses de infiltrações e vazamentos na área de armazenamento/deposição, aumentando assim a segurança associada.

A unidade de filtração ocupará uma área de implementação de 2 100 m^2, com uma altura estimada 14,50 m e uma volumetria de 30 450 m^3 (Figura seguinte). A unidade de espessamento será uma área a descoberto, onde serão localizados espessadores para permitir o espessamento dos materiais da flutuação por espumas.

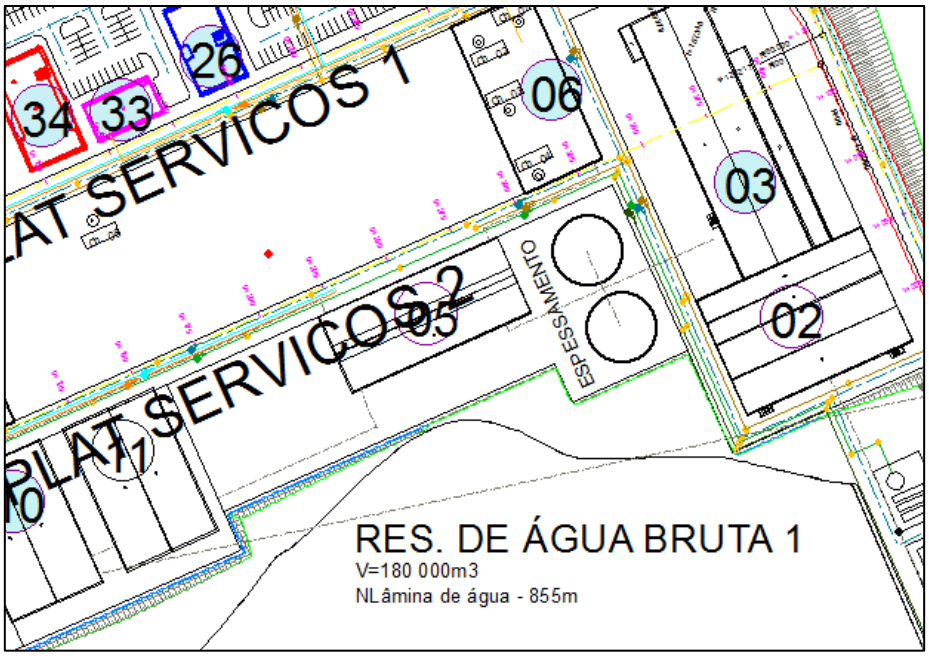


Figura 364 - Unidade de espessamento e unidade de filtração (5) para a Solução A do CAM

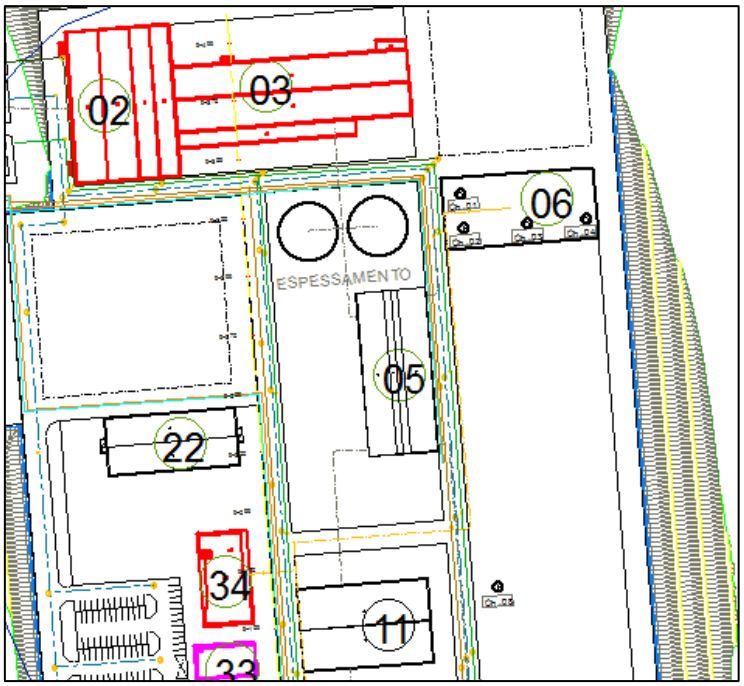


Figura 365 - Unidade de espessamento e unidade de filtração (5) para a Solução B do CAM

1.5. Parque de resíduos sólidos secos e Parque de resíduos

Estas áreas constituem uma primeira zona de deposição/armazenagem dos rejeitados sólidos provenientes da unidade de espessamento e unidade de filtração, responsável pela transformação dos "tailings" (rejeitados) sujeitos a processos de espessamento, filtragem e secagem ("dry stacking") no caso do parque de resíduos sólidos secos. Por outro lado, o parque de resíduos receberá as lamas provenientes dos processos hidrometalúrgicos. Estes materiais serão temporariamente empilhados e armazenados nos parques, diretamente num piso coberto e impermeabilizado, com baias em U e coberto por um telheiro, de forma a proteger o material das intempéries. Serão ainda instalados sistemas de drenagens de águas em separado de toda a rede, sendo que as águas que possam provir eventualmente desses resíduos sejam direcionadas para a ETARIC para tratamento das mesmas. O parque de resíduos sólidos secos servirá essencialmente de apoio logístico pois o destino destes resíduos será o mesmo que o material estéril em lítio resultante da escavação (rochas hospedeiras dos pegmatitos), ou seja, o posterior enchimento "backfill" de galerias subterrâneas.

Ambos os parques possuem áreas de implantação de 1 925 m^2(Figuras seguinte) referentes ao parque de resíduos sólidos secos e parque de resíduos. Ao contrário dos rejeitados em barragens de lamas, os rejeitados desidratados/filtrados permitem a reabilitação progressiva do local de acumulação. Em relação à gestão da água e tendo em conta a exfiltração, a infiltração e a pegada ecológica, esta última opção parece ser a mais adequada.

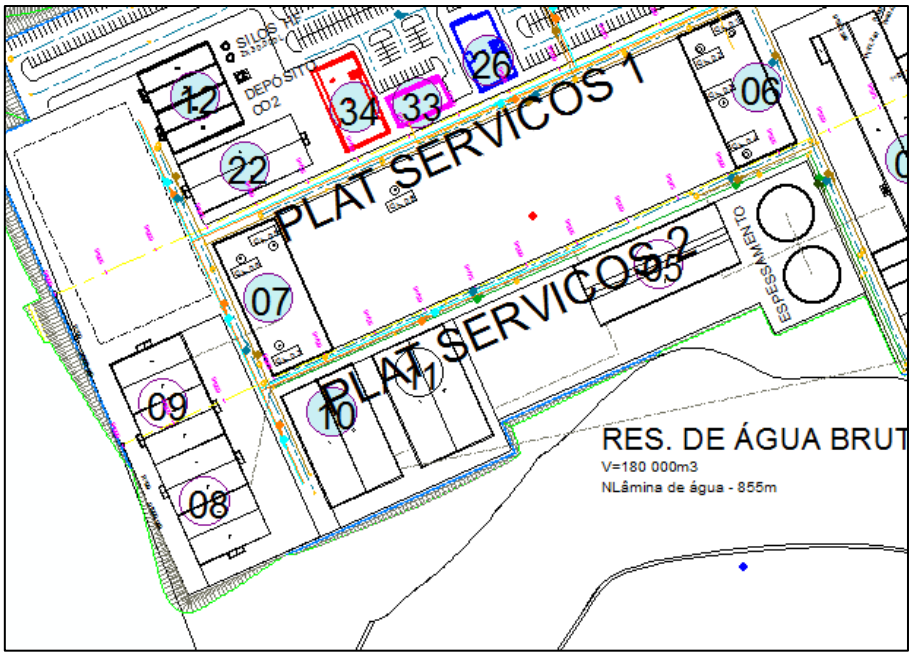


Figura 366 - Localização do parque de resíduos sólidos secos (10) e parque de resíduos (11) no Complexo de Anexos Mineiros da solução A

Figura 367 - Localização do parque de resíduos sólidos secos (10) e parque de resíduos (11) no Complexo de Anexos Mineiros da solução B

1.6. Armazém de produto acabado e Armazém de Feldspato/Quartzo

Estes edifícios destinam-se ao armazenamento do produto acabado (principalmente hidróxido de lítio mono-hidratado, mas também sulfato de sódio que é um subproduto da metalurgia) e armazenamento do feldspato/quartzo (mistura de quartzo-feldspáticas e quartzo que é um subproduto da concentração por flutuação por espumas). Será realizado o devido acondicionamento das matérias-primas, segundo as especificações para envio e expedição para venda ao cliente final.

Este armazém primará pela organização e planeamento da disposição do principal produto ($LiOH.H_2O$) resultante da transformação hidrometalúrgica, onde será embalado e armazenado para futuro despacho. A definição dos locais de armazenamento dos outros materiais de valor económico produzidos nas instalações é crucial para a logística dos transportes na área de concessão "Romano" e, consequentemente, para a eficiência de todo processo de extração mineira e processamento industrial.

As áreas de implantação respeitantes aos edifícios cobertos do armazenamento de produto acabado e do armazém de feldspato/quartzo é de 1 750 m^2 por cada armazém (Figura seguinte).

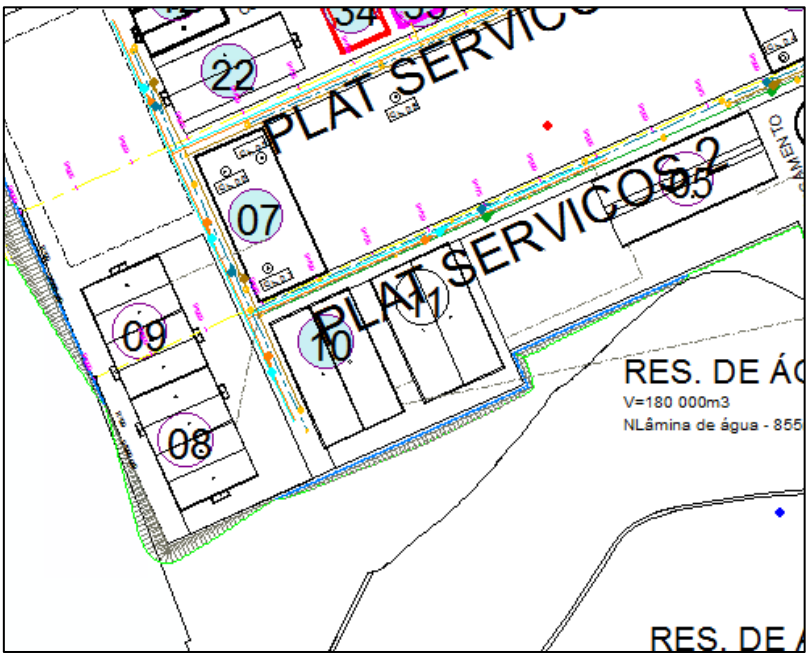


Figura 368 - Armazém de feldspato/quartzo (08) e armazém de produto acabado (09) na solução A

Figura 369 - Armazém de feldspato/quartzo (08) e armazém de produto acabado (09) na solução B

Conforme referido anteriormente, os produtos a armazenar nestas componentes são os seguintes:

- **Armazém de Produto Acabado:**
  1) hidróxido de lítio mono-hidratado;
  2) sulfato de sódio anidro.

O composto de lítio será armazenado com capacidade de duas semanas de produção (a 60 toneladas/dia são cerca de 900 toneladas).

O destino a dar ao subproduto sulfato de sódio deverá ser similar ao projetado para o hidróxido de lítio ultrapuro, ou seja, após negociação com clientes específicos, a Lusorecursos encarregar-se-á de colocar o produto no mercado salvaguardando todas as questões de segurança e ambiente.

- **Armazém de Feldspato/Quartzo:**

1) mistura quartzo - feldspática;
2) quartzo.

1.7. Armazém Substância Perigosas, depósito de dióxido de carbono e silos de ácido fluorídrico

Relativamente ao armazenamento das substâncias perigosas a utilizar e de acordo com as suas fichas de dados e segurança temos condições que são consideradas gerais de armazenamento, como armazenar os recipientes entre 5 e 35° C, num local seco e bem ventilado, longe de fontes de calor, de pontos de ignição, de radiações, da luz solar direta, da eletricidade e do contato com os alimentos. Manter longe de agentes oxidantes e de materiais fortemente ácidos ou alcalinos e sem humidade. Não fumar. Evitar a entrada a pessoas não autorizadas. Depois de ter aberto os recipientes, estes devem ser fechados de novo com cuidado, colocados verticalmente e bem fechados para evitar derrames e afastados de matérias incompatíveis.

Os locais de descarga, armazenagem ou utilização devem estar equipados com chuveiro e lava olhos de emergência e sinalização de segurança.

No que diz respeito a cada reagente temos, para além das condições gerais apontadas anteriormente, temos algumas condições mais específicas nomeadamente, para o Fluoreto de Hidrogénio – HF, os depósitos e sistemas de ligação para descarga devem estar ligados a dispositivos de absorção de vapores de ácido fluorídrico ou a colunas de neutralização. Não utilizar aço, vidro, cobre, alumínio para os materiais da embalagem. De forma devidamente acondicionada o ácido fluorídrico será armazenado em 2 silos próprios para os efeitos, com uma capacidade de 30 000 L.

Em relação ao armazenamento do dióxido de carbono, e para o consumo indicado, será necessário montar um depósito criogénico com capacidade para 49 toneladas e sistema de vaporização, se for consumido na fase gasosa.

Representa-se nas figuras seguintes os silos e os depósitos previstos no CAM para o armazenamento de ácido fluorídrico e dióxido de carbono, respetivamente.

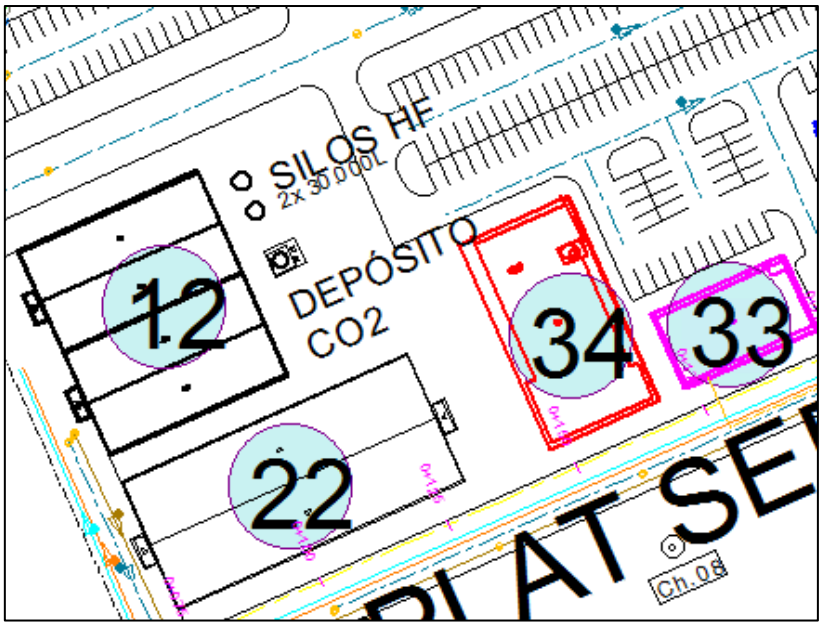


Figura 370 - Silos de ácido fluorídrico (15) e depósitos de dióxido de carbono (16) na solução A do CAM

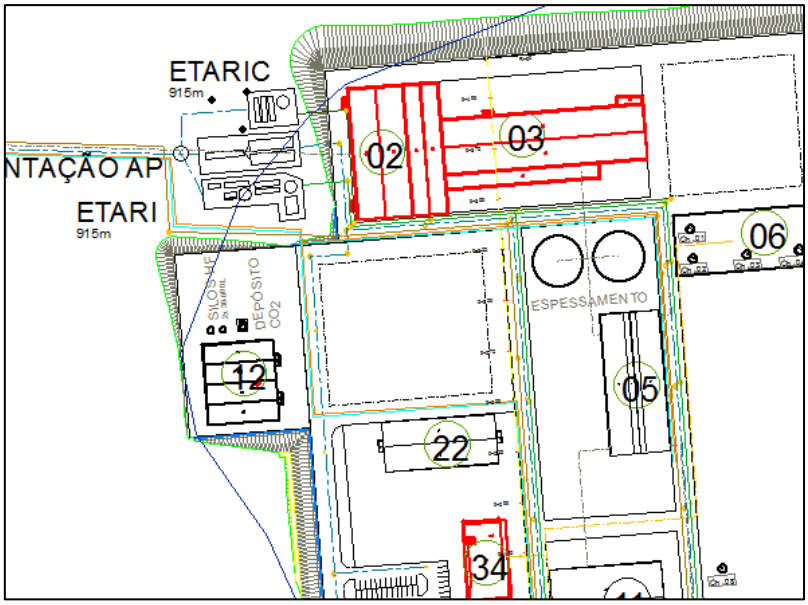


Figura 371 - Silos de ácido fluorídrico (15) e depósitos de dióxido de carbono (16) na solução B do CAM

Para o Ácido Clorídrico – HF, os depósitos e sistemas de ligação para descarga devem estar ligados a dispositivos de absorção de vapores de ácido clorídrico ou a colunas de neutralização. No caso do Hidróxido de Sódio em solução tem-se de manter os pavimentos em perfeito estado de limpeza, pois a soda cáustica é muito escorregadia. Os depósitos e as tubagens devem ser equipados com dispositivos de aquecimento, pois a solução a 50% cristaliza à temperatura de 10 ºC. O Óxido de Cálcio (Cal) deverá ser colocado em local protegido do dióxido de Carbono e deve ser evitado o contacto com a água.

2. Instalações administrativas, sociais e médicas

O Complexo de Anexos Mineiros engloba, no seu total, três instalações socias e médicas. Existindo ainda, 1 (um) edifício referente à área de administração, situado do CAM. O edifício de Pessoal/Primeiros socorros localizar-se-á junto da boca da mina, mais precisamente na plataforma da Boca da Mina, de modo a proporcionar as primeiras intervenções em caso de necessidade. Estas instalações visam garantir a segurança e a saúde dos profissionais, permitindo que o local de trabalho esteja dotado com os meios suficientes.

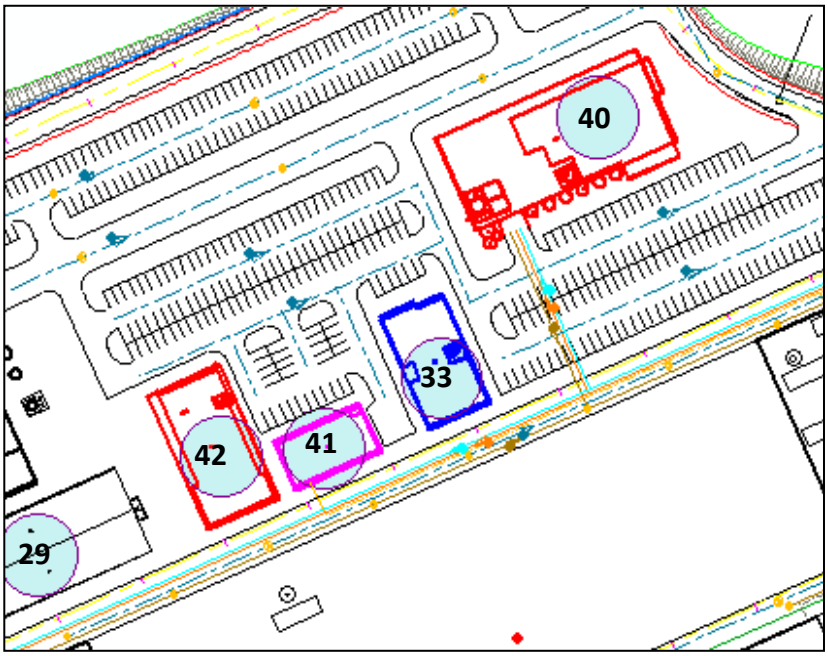


Figura 372 - Complexo de Anexos Mineiros – Edifício administrativo (40), Centro Médico (41) e Área social (42) – Solução A do CAM

Figura 373 - Complexo de Anexos Mineiros -Centro Médico (41) e Área social (42)– Solução B do CAM

Na solução B de localização do CAM, o edifício administrativo, encontra-se localização a Norte, junto dos reservatórios de água bruta (Figura seguinte).

Figura 374 - Edifício administrativo (40) – Solução B do CAM

Quanto à área de pessoal/primeiros socorros, como anteriormente referido encontra-se na plataforma da Boca da Mina, que serve simultaneamente os propósitos em qualquer uma das soluções no CAM (Figura seguinte).

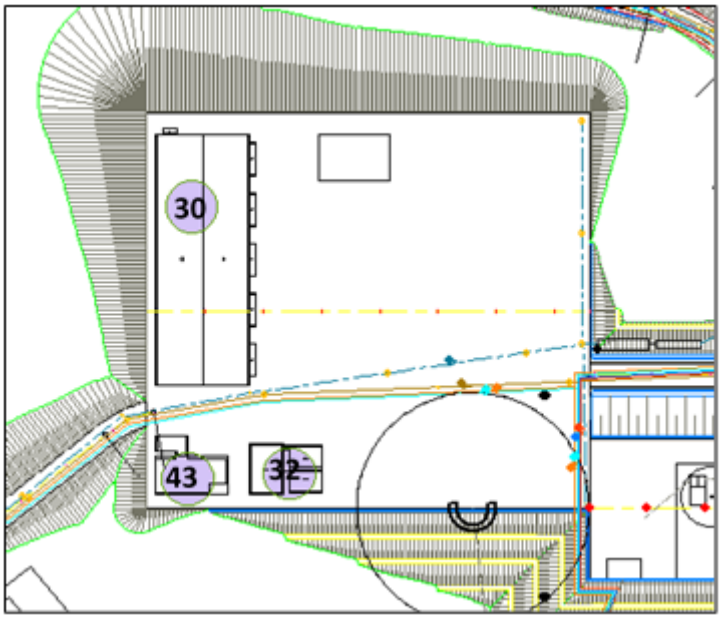


Figura 375 - Área de pessoal/primeiros socorros (43) – do CAM

Com isto, segue-se a descrição pormenorizada das quatro instalações administrativas, sociais e médicas localizadas no Complexo de Anexos Mineiros e na plataforma da boca da mina:

2.1. Administração

O edifício da Administração, com uma área total de 1 380 m^2, com uma altura de 12,80 m e uma volumetria de 13 941 m^3, aborda questões administrativas, financeiras, do pessoal, *datacenter*, do expediente e arquivo, e ainda, da gestão dos processos de extração mineira, transformação e beneficiação mineral e as demais atividades.

O programa do edifício está distribuído em dois pisos com o objetivo de diferenciar o carácter mais privado ou publico das atividades desenvolvidas no seu interior.

No piso inferior propôs-se um espaço de receção e sala de exposição para acolher os convidados. Este espaço será amplo, com iluminação suficiente, de modo a permitir o fácil encaminhamento para os diversos departamentos existentes.

Para eventuais reuniões, congressos, seminários, bem como outras ações de natureza equivalente, o edifício englobará ainda um auditório e uma sala de reuniões. Relativamente ao auditório, este terá uma capacidade máxima de 120 lugares, com cadeiras com tampo presas ao chão; dispõe ainda de um púlpito e um sistema de som (microfones de mesa, de mão e de púlpito); audiovisuais (computador, projetor e ponteiro); ar-condicionado; e internet com e/ou sem fios.

Quanto à sala de reuniões, apresentará uma capacidade máxima de 20 lugares, com mesa central e cadeiras; um projetor e ponteiro; ar-condicionado e internet.

Ainda neste piso temos uma sala para trabalho informático com espaço para vários trabalhadores distribuídos em duas mesas em formato de "ilha" situadas no centro da sala. Propôs-se também uma sala na extremidade do edifício para a localização do data-center. Esta localização permite que o data-center seja expansível no futuro conforme as necessidades do trabalho desenvolvido na mina se alterem.

No piso superior é onde encontramos um "open space" com vários postos de trabalho que promove a interação entre os ocupantes deste espaço. Propôs-se também vários gabinetes de trabalho para os diversos departamentos, cada um deles com um espaço amplo, boa iluminação e acesso para um espaço exterior coberto. Ainda neste piso temos uma copa com acesso ao exterior para os trabalhadores, sala de administração com casa de banho privativa, sala de reuniões para a administração e equipas de gestão dos vários departamentos e a sala de controlo onde é feita a monitorização de todas as operações do complexo mineiro.

Por todo o edifício vão surgindo poços de luz com vegetação que garantem ventilação, iluminação e conforto aos espaços no seu interior.

Ambos os pisos são dotados de instalações sanitárias separadas por género e adaptadas para utilizadores de mobilidade condicionada que asseguram as necessidades dos trabalhadores e visitantes deste edifício.

2.2. Área social

Consiste no recinto, que permite aos trabalhadores realizarem atividades relacionadas com a higiene, alimentação, segurança e lazer. Este edifício apresenta uma área total de 700 m^2, com uma altura prevista de 11,10 m e uma volumetria de 5 337 m^3.

Na área da higiene o edifício foi projetado com dois balneários e duas instalações sanitárias, ambos separados por género e adaptadas para mobilidade condicionada. As instalações sanitárias garantem as necessidades para todos os utilizadores previstos para este edifício. Quanto aos balneários estes estão equipados com cacifos duplos, louças sanitárias, bases de duche e lavatórios que garantem a ocupação de até 45 mulheres e até 100 homens em simultâneo.

Na área da alimentação, esta será assegurada através de um espaço destinado a uma cantina, com uma capacidade média de 150 lugares, com meios próprios para aquecer a comida, não comunicando diretamente com locais de trabalho, instalações sanitárias ou locais insalubres. A cantina será provida de cadeiras e de mesas com tampo liso, sem fendas e de material impermeável, em número suficiente, de modo que um número máximo de profissionais possam utilizá-la simultaneamente. A cantina conta também com o equipamento para o funcionamento de uma cozinha com espaços de armazenamento e preparação de comida com capacidade para assegurar as refeições estipuladas consoante os turnos previstos no funcionamento da mina.

Neste edifício existirá ainda uma sala de refeições privada, adaptada para situações mais particulares, com uma lotação de 40 lugares, e um bar/snack-bar que servirá como espaço comum de descanso e lazer. Estes serviços serão assegurados por uma empresa própria de fornecimento de serviços cantina.

No piso superior deste edifício, adjacente à sala de refeições privada, situam-se um ginásio e uma sala de convívio, ambos espaços dotados com o equipamento necessário para garantir o lazer dos funcionários. Estes dois espaços permitem reequilibrar as relações interpessoais entre os colaboradores, e assim, o bem-estar social será garantido.

2.3. Centro médico

O centro médico apresenta uma área total de 310 m^2, com uma altura prevista de 5,70 m e uma volumetria de 1 400 m^3.

A saúde dos colaboradores será assegurada neste edifício, onde é garantido o auxílio no caso de ocorrência de acidentes “ligeiros”, através dos meios de primeiros socorros.

Este edifício englobará um gabinete administrativo/secretaria e uma sala de espera, que dará apoio a gabinetes médicos, de enfermagem e ainda um ao laboratório de patologia clínica ou análises clínicas, e desta forma, será assegurado, não só o acompanhamento da saúde dos trabalhadores, como também da própria população local. Sendo a saúde fundamental para a qualidade de vida dos trabalhadores, a Lusorecursos, pretende, no seu centro médico, possuir cuidados médicos e de enfermagem, que possam dar assistência aos mesmos, quer em caso de acidentes, quer numa perspetiva de saúde ocupacional. Numa lógica promocional e preventiva, projeta-se ainda que os trabalhadores tenham acesso a especialidades médicas

tais como Medicina Geral e Familiar, Cuidados de Enfermagem, Nutrição, Dermatologia, Podologia, Optometria, Fisioterapia e Análises clínicas.

Propõe-se também duas salas de enfermaria com espaço para duas macas e uma instalação sanitária com base de duche em cada uma.

Para o processamento de roupas e utensílios utilizados na enfermaria criaram-se 3 salas para a desinfeção de equipamentos, tratamento de roupas sujas e armazenamento de roupas limpas.

Atendendo à localização geográfica, a Lusorecursos pretende que estes serviços de saúde sejam igualmente acessíveis aos colaboradores indiretos/subcontratados pela Lusorecursos, e à população envolvente, garantindo, desta forma, o apoio às necessidades sentidas e promovendo a saúde pública.

Na proximidade desta zona, apresentar-se-ão ainda as instalações sanitárias, separadas por género e adaptadas para mobilidade limitada. Será um espaço com condições de ventilação natural e/ou artificial adequada.

Os respetivos gabinetes médico e de enfermagem, deverão dispor de iluminação e ventilação naturais, com um sistema de climatização e temperatura ambiente adequada. Relativamente ao equipamento, dispõem dos utensílios próprios para exercer a atividade.

Este edifício apresenta ainda uma sala de apoio com copa e duas zonas destinadas ao vestiário separadas por género, com armários individuais, peças sanitárias, bases de duche e lavatórios para os profissionais da saúde. De salientar que, este edifício estará devidamente preparado para o acesso de pessoas com capacidade de mobilidade reduzida.

Relativamente ao laboratório de patologia clínica ou análises clínicas, a este estará afeto pessoal técnico e administrativo qualificado, necessário para o desempenho das funções. Este laboratório irá garantir a localização de instalações técnicas, de armazenamento de fluidos inflamáveis ou perigosos e de gases medicinais, caso existam, nas condições de segurança legalmente impostas.

Quanto aos laboratórios onde se manuseiem produtos tóxicos, irritantes ou corrosivos, existirão meios de atuação rápidos de lavagem, designadamente duche de emergência e lava-olhos, em local próximo da zona de trabalho. Desta forma, o centro médico objetiva salvaguardar o direito ao trabalho com saúde, e consequentemente, promove o bem-estar e a produtividade.

2.4. Área pessoal/Primeiros socorros

Este edifício, localizado perto do túnel de acesso à mina, com uma área total de 526 m^2, com uma altura estimada de 6,70 m e uma volumetria de 2 498 m^3 , servirá para auxiliar aos colaboradores da mina e ainda prestar serviços de primeiros socorros.

Este edifício reservará uma área para as instalações de vestiário, onde estas situar-se-ão em salas próprias separadas por género, com boa iluminação e ventilação, em comunicação direta com as cabines de chuveiros e os lavatórios e as louças sanitárias, bem como os armários individuais com cadeado e bancos. Esta área está preparada para casos em que os trabalhadores, quando expostos a substâncias tóxicas, irritantes ou infetantes, disponham de armários duplos, ou seja, com dois compartimentos independentes, de modo a permitir guardar a roupa de uso pessoal em local distinto ao da roupa do trabalho.

De modo a assegurar o devido descanso dos trabalhadores, este edifício englobará uma zona de repouso com mesas de tampo liso, sem fendas e de material impermeável e sofás para o repouso e convívio, facilmente acessível e uma zona destinada a fumadores.

Para além disto, existirão instalações sanitárias separadas por género, preparadas para pessoas com capacidade de mobilidade condicionada, próximas, tanto da zona de descanso como das instalações de vestiário.

Desta forma, são asseguradas as atividades dos profissionais, relacionadas com a higiene.

No âmbito da prestação de serviços, o edifício integrará um centro de fisioterapia, de modo a restaurar, desenvolver e conservar a capacidade física dos profissionais.

No que diz respeito à área da enfermaria localizada na zona de concessão, visa apoiar os trabalhadores da mina, através de um gabinete de enfermagem, provido com os equipamentos e material indispensáveis, e de acesso fácil a macas. Também uma enfermaria com capacidade para duas macas e com uma instalação sanitária com base de duche, sanita e lavatório. Dispõe de iluminação e ventilação naturais, com um sistema de climatização e temperatura adequada.

Para além disto, esta instalação compreende uma instalação sanitária unisexo adequada a pessoas com mobilidade condicionada, um gabinete administrativo e uma sala de espera, para

o apoio logística ao gabinete de enfermagem. Será um espaço com condições de ventilação natural e/ou artificial adequada.

3. Instalações técnicas, manutenção e segurança do CAM

Na zona corresponde às oficinas, executar-se-ão trabalhos de manutenção e reparação dos diversos equipamentos e veículos utilizados no processo de extração mineira. Como expetável é extremamente recomendado, que a localização de um edifício fulcral ao normal funcionamento da operação mineira, como é a reparação de máquinas e outro, se encontre o mais próximo do local de acesso à exploração subterrânea, neste caso, do portal de entrada para a principal rampa de acesso. Por outro lado, encontra-se distanciado geograficamente do posto de abastecimento de combustíveis por uma questão de segurança, para que não haja impedimentos de outras áreas importantes, como a do grupo de intervenção e enfermaria.

3.1. Oficinas – Mina

Este edifício com 4 320 m^2, com uma altura prevista de 20,0 m e uma volumetria de 86 400 m^3, permitirá receber as máquinas dentro para possíveis reparações/manutenções das mesmas (Figura seguinte).

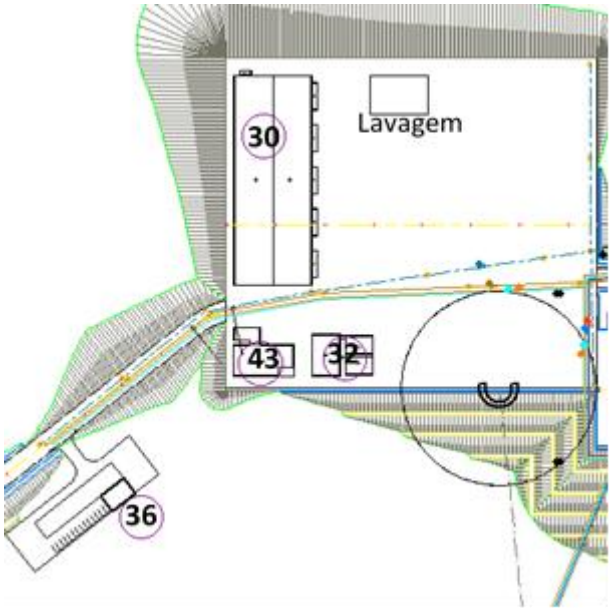


Figura 376 - Layout com instalações de manutenção e afastamento geográfico do posto de abastecimento de combustíveis

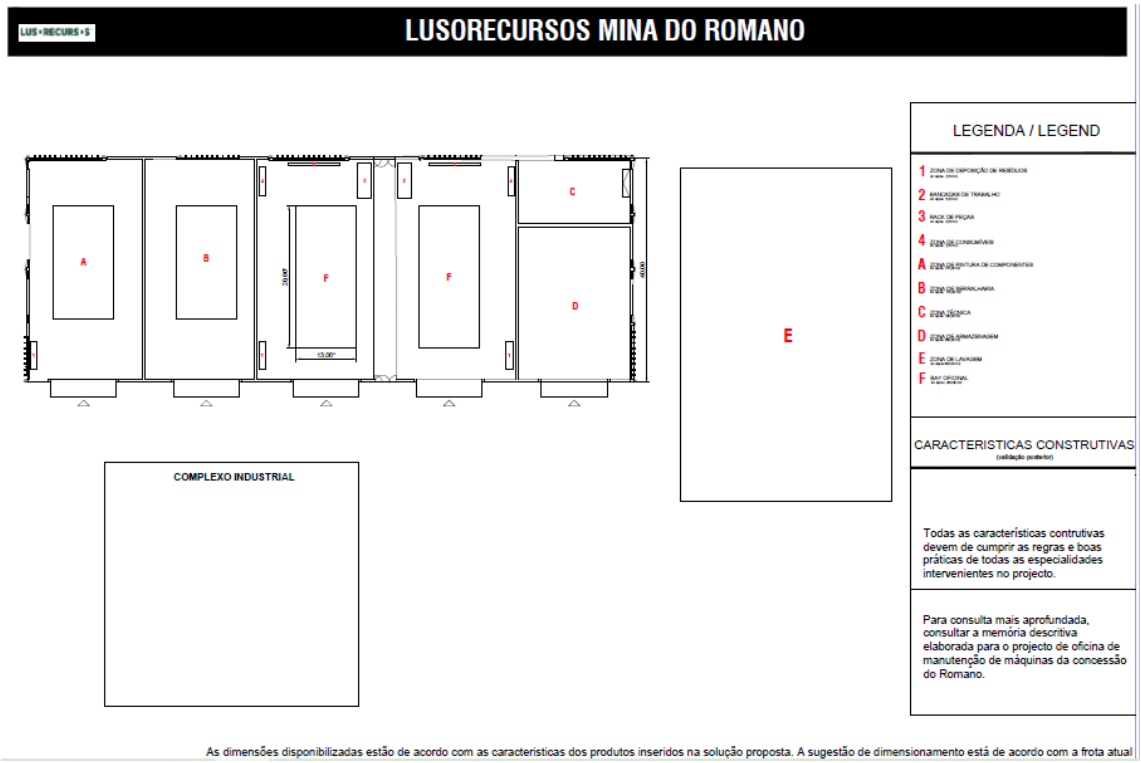


Figura 377 - Layout com instalações de manutenção – Oficinas Mina

Neste local, localizar-se-ão equipamentos para o auxílio das demais tarefas de manutenção, tais como elevadores de máquinas, peças para substituição, bancas de trabalho, armazéns para locação das mais variadas ferramentas a uso, etc. Todos os produtos devem encontrar-se rotulados pelo fabricante, de tal modo que tornem possível a sua identificação e alertem o utilizador do grau de toxidade, de perigosidade e das medidas de precaução a ter em conta aquando da sua manipulação. Devem ser acompanhados pelas respetivas fichas de segurança que devem estar afixadas nos locais de armazenamento e/ou utilização destes produtos.

O armazenamento de produtos químicos e inflamáveis, deverá ser feito em compartimento fechado, ventilado, devidamente sinalizado e fora do local de trabalho. Estes compartimentos deverão ser estanques, devendo a armazenagem destes produtos respeitar as suas incompatibilidades. Diariamente, para o local de trabalho só deverão ser transportadas as quantidades mínimas estritamente necessárias à execução de um determinado trabalho.

Como instalações de manutenção e focado diretamente na reparação e auxílio de máquinas e equipamentos inerentes às atividades de extração e transformação mineral, existirá muitas vezes a substituição rápida de pneus, que logo se tornarão resíduos que deverão ser escoados segundo as melhores normas.

Neste caso os pneus usados não podem ser armazenados misturados com outros resíduos ou materiais e devem cumprir os seguintes requisitos de armazenagem:

- A instalação deve ser protegida de ações adversas externas de modo a impedir a dispersão dos pneus armazenados e a nidificação de insetos e roedores;
- O armazenamento deverá ser efetuado em filas, ou seja, dividido em ruas possibilitando isolar áreas que originaram incidentes ou acidentes;
- As pilhas de pneus usados devem ter no máximo 6 metros de altura, 76 metros de comprimento e 15 metros de largura; devem ser dispostas de modo a evitar possíveis danos às pessoas alocadas à instalação;
- As pilhas de pneus deverão estar arrumadas de forma a permitir a circulação entre si e em relação às paredes da instalação, bem como permitir o acesso de equipamento e veículos de emergência.

3.2. Oficinas

O edifício afeto às oficinas do CAM, possuirá uma área com 1 400 m^2, com uma altura prevista de 11,20 m e uma volumetria de 15 680 m^3, que permita efetuar serviços de manutenção de apoio ao Complexo de Anexos Mineiros (Figuras seguintes).

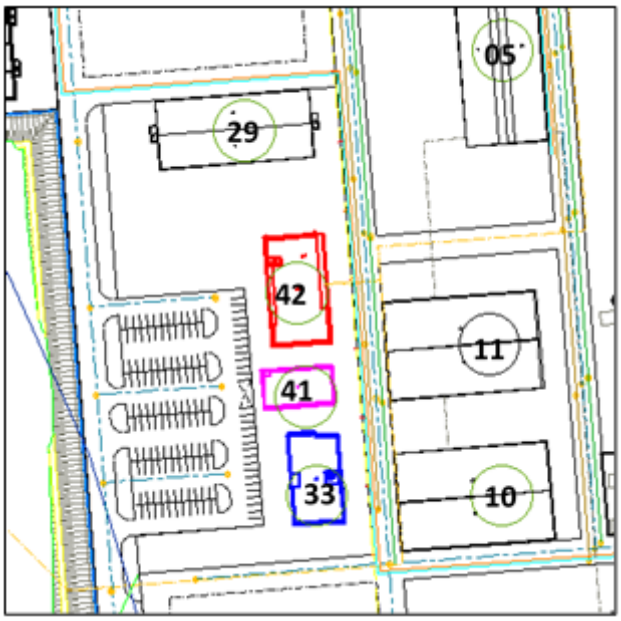


Figura 378 - Complexo de Anexos Mineiros – Oficinas (29) – Solução B do CAM

3.3. Serviços técnicos e serviços técnicos – Mina

O edifício técnico localizado no CAM, tem uma área de implantação de 515 m^2, com uma altura prevista de 9,50 m e uma volumetria de 3 184 m^3, onde neste local serão reunidos diversos serviços técnicos que apoiam os processos de extração mineira e principalmente os de transformação mineral e conversão hidrometalúrgica (Figuras seguintes).

A entrada e receção deste edifício divide-o em dois lados, cada um com características próprias. O espaço de entrada é marcado por panos de vidro e um pé direito alto que aumentam a comunicação entre o interior e o exterior, iluminam e ventilam a entrada.

À direita da entrada temos as instalações sanitárias separadas por género e adaptadas para utilizadores de mobilidade condicionada e cinco gabinetes para os coordenadores das várias áreas de trabalho desenvolvido na mina.

À esquerda da entrada temos a zona de trabalho onde se projetaram duas salas de trabalho com mesas do tipo “ilha” ao centro e armários baixos nas suas paredes. Cada uma destas salas é assistida por uma sala de arrumos onde se podem armazenar as amostras a serem estudadas neste edifício. É também neste lado do edifício que temos as comunicações verticais que dão acesso ao piso administrativo.

O piso superior é dotado de uma sala administrativa com instalação sanitária privativa, sala de espera para os visitantes e uma sala de reuniões, também ela com instalação sanitária privativa.

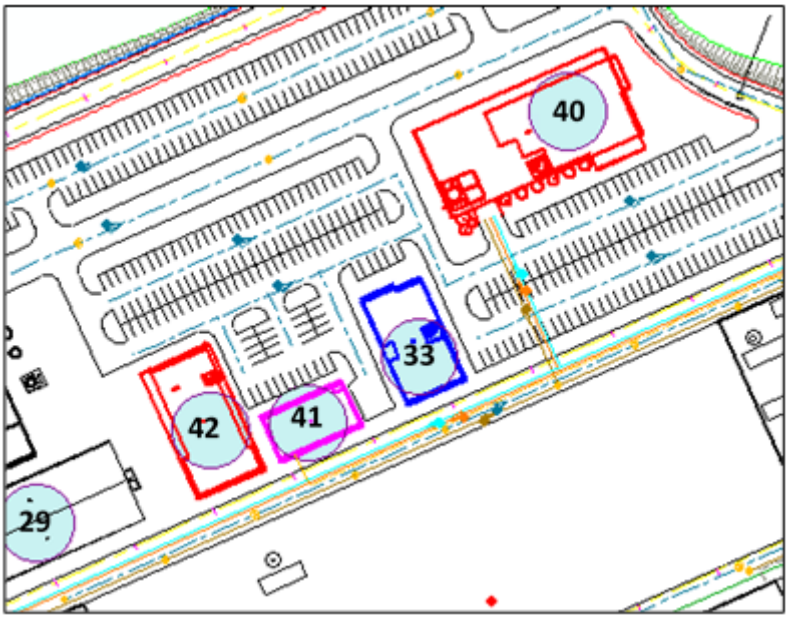


Figura 379 - Complexo de Anexos Mineiros – Serviços Técnicos (33) – Solução A do CAM

Figura 380 - Complexo de Anexos Mineiros – Serviços técnicos (33) – Solução B do CAM

O edifício de serviços técnicos da Mina, localizado junto da exploração a céu aberto, terá uma área de implantação de 477,10 m^2, com uma altura estimada de 6,70 m e uma volumetria de 2 409,35 m^3 (Figura abaixo). Este edifício de igual forma prestará serviços técnicos, mas direcionados para a exploração mineira. Neste caso em concreto, o edifício de serviços técnicos da Mina, independentemente da solução do CAM, não irá sofrer modificações.

O edifício tem uma receção que o divide em dois lados, o esquerdo de gestão e administração, com salas administrativas e de segurança do trabalho e sala de reuniões, e o direito com sala do diretor técnico, sala de SIG e Topografia e sala da Mina.

Cada uma destas salas é equipada com mesas e armários adequados ao tipo de trabalho a ser desenvolvido nelas. O edifício conta também com instalações sanitárias separadas por género e adaptadas para mobilidade condicionada que garantem as necessidades de todos os utilizadores previstos para este edifício.

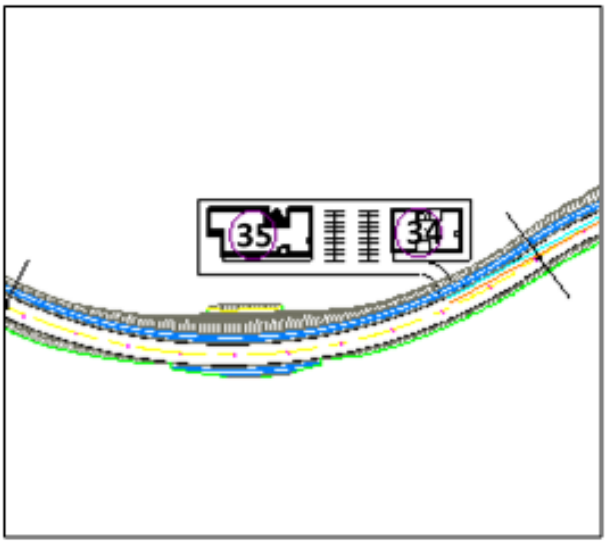


Figura 381 - Serviços técnicos – Mina (34)

Neste edifício, para além das várias atividades relacionadas aos serviços técnicos, serão realizadas atividades de gestão de operações, que são essencialmente apoiadas por "softwares" de monitorização e gestão de dados que equipamentos mineiros reportam remotamente, importa destacar a importância do principal sistema a implementar: Caterpillar® MineStar™.

Todos os equipamentos da frota Caterpillar® previstos para os trabalhos extrativos da concessão Romano, por sua vez descritos no Capítulo III, vão acoplar o sistema de gestão Caterpillar® MineStar™. Este sistema é um dos mais avançados sistemas de gestão de operações mineiras e de equipamentos móveis, permitindo um controle mais amplo sobre a segurança do local da mina, redução de custos, aumento de lucratividade e eficiência. Consiste numa série de conjuntos de recursos configuráveis que permitem dimensionar o sistema para as necessidades da área de extração mineira.

Configurável para se adequar a qualquer operação mineira, o Caterpillar® MineStar™ consiste em vários conjuntos de recursos (*e.g. Fleet, Terrain, Detect, Health e Command*) que permitem dimensionar o sistema para as respetivas necessidades específicas, podendo ser usados de forma combinada ou individualmente, permitindo uma superior flexibilidade e escalabilidade para uma produção mais eficiente e segura:

- Fleet – permite a gestão de todos os tipos de operações nos equipamentos, num ou em vários locais da área de extração;
- Terrain – gestão de aplicações de perfuração, "dragline", nivelamento e carregamento;
- Detect – gestão da segurança; possibilita a consciencialização dos operadores sobre o ambiente imediato em torno de equipamentos tripulados ou controlados remotamente, seja uma máquina móvel ou fixa; melhora a visibilidade e segurança na maioria das aplicações;
- Health – monitorização de condições, gestão de serviços e manutenção;
- Command – soluções autónomas para transporte, terraplanagem à superfície ou em subterrâneo; reúne as tecnologias necessárias para a operação totalmente integrada de sistemas de exploração mineira autónomos, semiautónomos e controlados remotamente.

Em suma, o Caterpillar® MineStar™ permitirá o controlo dos processos de modo a garantir segurança, eficiência e produtividade dos mesmos reunindo as tecnologias necessárias para uma operação totalmente integrada de sistemas extrativos autónomos, semiautónomos e controlados remotamente. Trabalha de forma eficiente em torno de todas as atividades (à superfície e em contexto subterrâneo), equipamentos e equipas de trabalho de uma mina, aprimorando a segurança e otimização da produtividade.

Outros "softwares" podem igualmente ser integrados com o Caterpillar® MineStar™ sendo que essa realidade ainda se encontra em processo de avaliação (*e.g. GEOVIA InSite™).*

É importante ainda adicionar que, relativamente ao trator com cisterna previsto para apoio às atividades extrativas através da rega regular dos estradões para evitar o levantamento de poeiras aquando da passagem dos camiões, foi selecionado um modelo provido de metodologias de precisão tanto no trator como na cisterna, para melhor a gestão de água e assim minimizando desperdícios. O sistema será controlado por um "software" denominado de "ISOBUS", que monitoriza conforme as condições de humidade do ar, a libertação de água gerindo o recurso de forma sustentável e eficiente. As interfaces "*ISOBUS*" da DEUTZ-FAHR

têm certificação AEF (TECU classe 2 e VT) reconhecidas globalmente. Permitem ainda mais funções integradas, como o controlo de secção automático e o TIM ("Tractor Implement Management"), gestão automática de equipamentos do trator. Todas estas funcionalidades suportam a gestão de práticas agrícolas de precisão, assim como, no caso específico e já mencionado anteriormente, uma melhor gestão e utilização da água usada para rega.

Com efeito, os dados obtidos pelo trator serão descarregados numa nuvem ou "cloud" estando imediatamente disponíveis para o "staff" presente no centro de controlo e assim permitirá a integração destes dados com os restantes associados às operações extrativas e que se prevê culminarem em relatórios com várias periodicidades consoante determinados objetivos.

3.4. Edifício grupo de intervenção e edifício do grupo de intervenção Mina

O edifício grupo de intervenção – Mina localiza-se na plataforma da Boca da Mina, com uma área de 587,50 m^2, com uma altura prevista de 7,35 m e com uma volumetria de 3 647 m^3, para apoio ao pessoal responsável pela segurança na Mina com o principal objetivo de evitar quaisquer tipos de acidentes na exploração, exercendo medidas preventivas de suporte aos trabalhos (Figura seguinte).

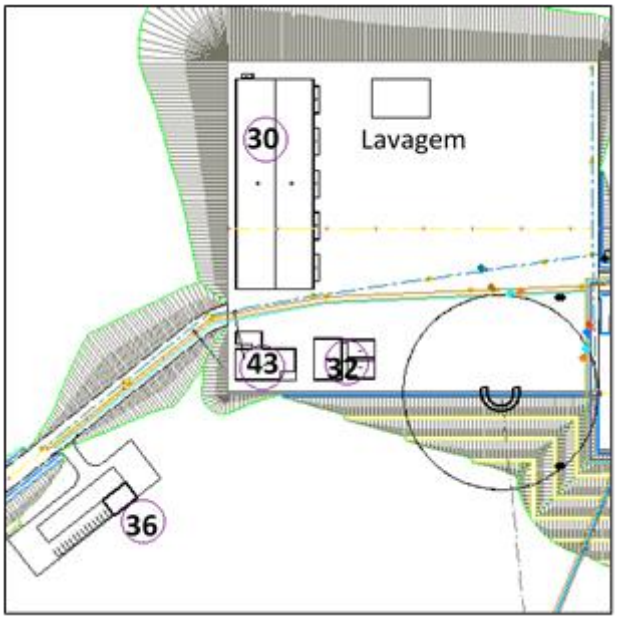


Figura 382 - Edifício do Grupo de Intervenção – Mina (32)

Como resultado das características inerentes a este tipo de edifício propôs-se que este fosse dividido em dois volumes que comunicam com uma ligação ao nível do rés-do-chão. É através desta ligação que se faz o acesso de um volume para o outro e onde se situa a sala de dados.

O volume mais alto é o espaço onde aparcam os veículos de intervenção da mina. Estes veículos acedem ao interior através de portões dimensionados com 4,30 metros de largura e 5,00 metros de altura.

O acesso principal ao edifício é feito pelo volume mais pequeno através de uma entrada com uma sala de espera, instalações sanitárias unissexo, adaptadas a pessoas com mobilidade condicionada, e com o gabinete do comandante.

Esta secção do edifício conta também com os compartimentos para as equipas de intervenção que têm que estar presentes no local para assistência em caso de emergência. Para as equipas propôs-se instalações de balneários, onde estas situar-se-ão em salas próprias separadas por género, com boa iluminação e ventilação, em comunicação direta com as cabines de chuveiros, os lavatórios e as louças sanitárias, bem como os armários individuais com cadeado e bancos. Para providenciar dormida e espaço de estar para as equipes de intervenção projetaram-se duas camaratas com capacidade máxima de 6 pessoas cada uma e uma sala do bombeiro equipada com uma pequena copa e uma mesa para pequenas refeições e snacks.

É no espaço anterior à ligação entre os dois volumes, próximo dos veículos de intervenção, que se localizam as arrecadações para o armazenamento de todo o equipamento de combate das equipas de intervenção, de forma a garantir uma boa prontidão de resposta a casos de emergência.

O edifício grupo de intervenção junto à exploração de céu aberto e da área de deposição temporário de estéril, com uma área de 587,50 m^2, com uma altura prevista de 7,35 m e com uma volumetria de 3 647 m^3, para apoio ao pessoal responsável pela segurança na área de exploração a céu aberto, com o principal objetivo de evitar quaisquer tipos de acidentes na exploração, exercendo medidas preventivas de suporte aos trabalhos (Figura seguinte).

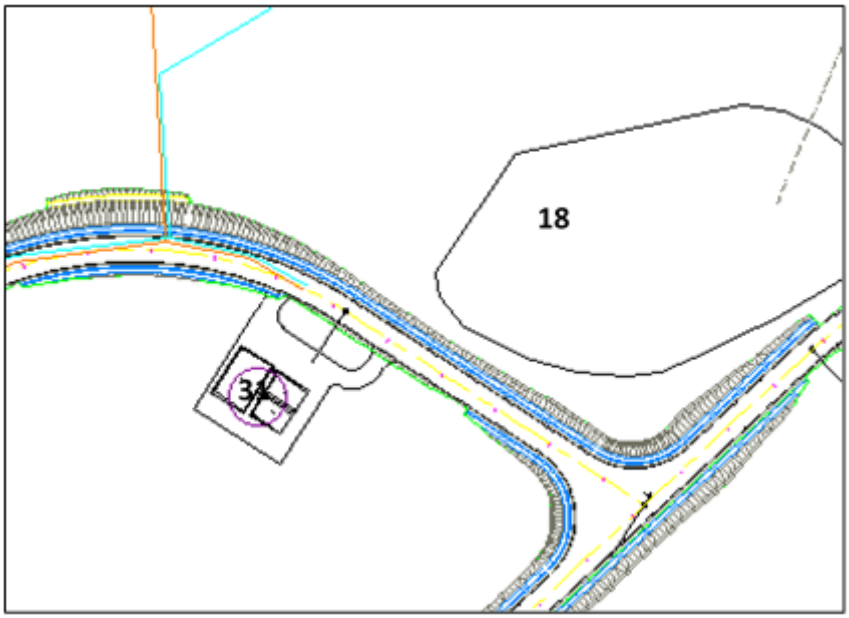


Figura 383 - Edifício do Grupo de Intervenção (31)

Como resultado das características inerentes a este tipo de edifício propôs-se que este fosse dividido em dois volumes que comunicam com uma ligação ao nível do rés-do-chão. É através desta ligação que se faz o acesso de um volume para o outro e onde se situa a sala de dados.

O volume mais alto é o espaço onde aparcam os veículos de intervenção da mina. Estes veículos acedem ao interior através de portões dimensionados com 4,30 metros de largura e 5,00 metros de altura.

O acesso principal ao edifício é feito pelo volume mais pequeno através de uma entrada com uma sala de espera, instalações sanitárias unissexas, adaptadas a pessoas com mobilidade condicionada, e com o gabinete do comandante.

Esta secção do edifício conta também com os compartimentos para as equipas de intervenção que têm que estar presentes no local para assistência em caso de emergência. Para as equipas propôs-se instalações de balneários, onde estas situar-se-ão em salas próprias separadas por género, com boa iluminação e ventilação, em comunicação direta com as cabines de chuveiros, os lavatórios e as louças sanitárias, bem como os armários individuais com cadeado e bancos. Para providenciar dormida e espaço de estar para as equipes de intervenção projetaram-se duas camaratas com capacidade máxima de 6 pessoas cada uma e uma sala do bombeiro equipada com uma pequena copa e uma mesa para pequenas refeições e snacks.

É no espaço anterior à ligação entre os dois volumes, próximo dos veículos de intervenção, que se localizam as arrecadações para o armazenamento de todo o equipamento de combate das equipas de intervenção, de forma a garantir uma boa prontidão de resposta a casos de emergência.

4. Instalações de produção de energia

4.1. Subestação elétrica e postos de transformação

A origem da instalação elétrica de consumo, será uma subestação privativa com a potência instalada de 50 MVA, alimentada a partir da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), através de uma linha elétrica de alta tensão de 60kV, a ser submetida a licenciamento pelo operador da rede de distribuição (E-REDES).

Na subestação, será transformada a alta tensão de 60kV proveniente da RESP, para o nível de tensão de 30kV, permitindo assim criar uma rede interna de distribuição de energia em média tensão, destinada a alimentar os postos de transformação e respetivas instalações de utilização em baixa tensão, dedicadas à exploração mineira e ao complexo de anexos mineiros.

Para informações com maior detalhe, o capítulo V deste Plano de Lavra explicita com rigor, a distribuição da energia elétrica.

4.2. Unidade autónoma de gás natural

Dado que no local de implantação do projeto de exploração mineira, não existe rede de distribuição de gás natural, foi prevista a instalação de uma Unidade Autónoma de Gás (UAG), preparada para receber Gás Natural Liquefeito, transportado por veículos-cisterna e armazenado em depósitos horizontais. O gás será aí vaporizado através de vaporizadores atmosféricos apoiados por reaquecedor, em função das necessidades instantâneas de consumo de gás natural, pelo empreendimento.

A UAG foi prevista para uma capacidade de armazenamento total (atual mais eventual expansão futura) de 1.590 m^3, para proporcionar uma autonomia de cerca de 1 semana e uma capacidade de vaporização máxima de 3.650 Nm^3/h, equivalente a uma potência térmica instalada de 38,5 MW.

A zona de implantação da UAG em ambas as Opções A e B, cumpre com todas as regras de implantação e distâncias de segurança estipuladas na legislação em vigor, nomeadamente a Portaria nº 568/2000 de 7 de Agosto.

Esta UAG irá ter uma capacidade de armazenamento inicial de 720 m^3, com possibilidade de expansão futura para 1 200 m^3 e uma capacidade de vaporização inicial de 2.850 Nm^3/h e futura de 3.650 Nm^3/h.

Os reservatórios possuirão uma ligação à terra com uma resistência inferior a 20 Ohm e será também instalado um sistema que permita a ligação equipotencial com o veículo-cisterna, durante os períodos de trasfega.

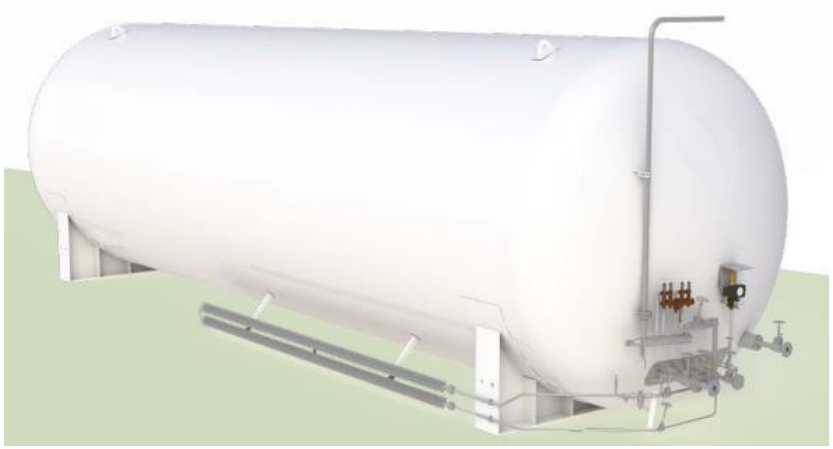


Figura 384 - Reservatórios

- Bacia de segurança, prevista para proteção contra derrames acidentais, estando prevista uma capacidade limite para acomodar a totalidade do volume dos reservatórios. Esta bacia possuirá uma vedação com uma altura mínima de 1,2m e 2 portas metálicas com abertura para o exterior, em zonas opostas. A bacia possuirá uma rede de terras com uma resistência inferior a 20 Ohm.

- Válvulas de segurança dos reservatórios (2 por reservatório), cumprindo as normas de funcionamento indicadas no Artigo 10º da Portaria nº 568/2000 de 7 de Agosto.

- Sistema de vaporização de GNL, baseado em vaporização natural como meio principal e vaporização forçada como recurso. Está previsto que no caso de as condições de projeto pré-estabelecidas para a vaporização de GNL não sejam atingidas, está prevista a instalação de reaquecedores elétricos de forma a garantir essas condições. Os vaporizadores atmosféricos estarão equipados com válvula de segurança e válvulas de corte automático.

Figura 385 - Sistema de vaporização GNL

- Linhas para descarga, previstas com mangueiras flexíveis para interligação com o veículo-cisterna e um vaporizador local de descarga.

- Sistema de regulação e odorização, composto por uma cadeia de regulação da pressão de saída de gás para a rede interior e injeção de "THT" (gás odorante), assente sobre estrutura metálica.

- Sistema de controlo e supervisão, a ser instalado em nicho próprio na zona de implantação da UAG. Está previsto um Quadro de Alimentação e Controlo, com comunicação remota para sistema de telegestão. A alimentação deste quadro provirá de um circuito socorrido e será instalada também uma UPS, de modo a garantir um tempo de atuação suficiente em caso de necessidade.

- Equipamentos de segurança, nomeadamente extintores de pó químico tipo ABC, na proporção de 10 kg por cada 1000 kg de produto.

Outros equipamentos de segurança, tais como: sinalização de emergência, placas incombustíveis com indicação dos contatos de emergência, entre outros.

Está prevista a instalação de um coletor principal de distribuição, à saída da UAG. O coletor incluirá válvulas de corte manuais e válvulas de corte automáticas para controlo remoto e possibilidade de corte de linha por segurança. Está previsto também na tubagem principal de

alimentação ao coletor, um contador de gás principal, com corretor PTZ (pressão, temperatura e fator de compressibilidade). Da mesma forma, cada uma das saídas principais possuirá contadores parciais igualmente com corretor e que possuirão as seguintes caraterísticas principais:

- Unidade de medida do tipo Turbina com transmissão de caudal acumulado para o PLC. A instalação deverá possuir troços retos de 10xDN a montante e 5xDN a jusante;
- Válvulas de seccionamento a montante e a jusante da unidade de medida;
- Instalação de Corretor de volume (pressão, temperatura e fator de compressibilidade);
- "By-pass" com válvulas de seccionamento;
- O contador deverá ser do tipo "turbina" incluindo certificados de calibração por laboratório acreditado.

Rede interior enterrada:

Para a distribuição a cada um dos pontos de consumo, prevê-se a utilização de tubagem e acessórios enterrados desde a bacia de retenção da UAG até áreas próximas dos consumidores, de diâmetro que deverá ser o adequado ao caudal de emissão de GN e de acordo com a NP EN-1555. A tubagem de polietileno cumprirá ainda com os requisitos de acordo com o Artigo 16º da Portaria 386/94, devendo ser utilizados tubos com espessura nominal não inferior à definida na série SDR 11 para diâmetros até 110mm e SDR 17 a partir de 110mm, considerando resina do tipo PE100.

As ligações a executar na rede de distribuição deverão ser realizadas por eletrossoldadura. São permitidos os seguintes métodos de ligação entre extremidades de tubos, na construção de redes de distribuição:

- Uniões electro soldáveis, nos tubos de diâmetro nominal inferior a 160 mm;
- Soldadura topo a topo, para diâmetros iguais ou superiores a 160 mm.

Figura 386 - Ligações

Não são permitidas ligações roscadas (Art. 20º da Portaria 386/94 de 16 de Junho).

As tubagens enterradas no solo deverão acompanhar o relevo do terreno, garantindo uma profundidade mínima de 800 mm em relação à cota de pavimento acabado, com exceção do

atravessamento do arruamento onde esta distância será aumentada para 1 000 mm.

A conduta de gás ficará envolvida em todas as direções por uma camada de areia de rio com uma espessura não inferior a 100 mm.

A proteção mecânica, apenas será necessária nas zonas em que a tubagem atravessa vias de circulação ou acessos de veículos aos imóveis.

Figura 387 - Tubagens para a circulação de gás natural

As caixas tronco cónicas estão previstas instalar nos pontos de mudança de direção da rede enterrada em polietileno, onde existirão pontos de soldadura.

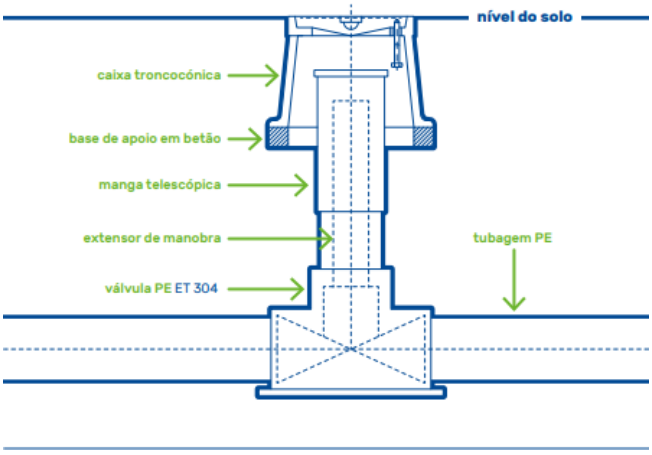


Figura 388 - Exemplo de tubagem para a circulação de gás natural

Serão instaladas juntas dielétricas para isolamento elétrico entre os troços enterrados e os troços aéreos da tubagem.

Figura 389 - Exemplo de juntas dielétricas

Rede interior aérea:

A rede aérea será executada em aço carbono de acordo com a NP EN-10208. A tubagem de aço carbono a instalar na rede interior de gás deverá ser produzida em conformidade com o disposto na norma API 5L. Os materiais usados no fabrico dos acessórios e juntas devem satisfazer os mesmos requisitos de qualidade e segurança exigidos para as tubagens nas quais são aplicados. A classe mínima de resistência à pressão será: PN16.

As soldaduras serão controladas a 100% por exames radiográficos ou ultrassons. A interpretação dos resultados deverá ser efetuada por técnico certificado.

Nos casos de entrada da rede no interior de edifícios, existirá uma válvula de corte automática, que será acionada no caso de deteção de gás.

Ligações aos equipamentos de consumo:

Para ligação aos equipamentos de queima serão instalados Postos de Redução para redução e rampas de regulação a serem definidas em função das pressões de operação dos equipamentos respetivos e que incluirão no mínimo:

- Válvulas de corte;
- Válvulas de escape;
- Válvula de regulação de pressão;
- Filtro;
- Manómetros.

4.3. Posto de abastecimento de combustível

Por questões de segurança, o edifício e área do posto de abastecimento, encontram-se deslocados das áreas do portal de entrada de acesso à mina, oficinas, grupo de intervenção e área de pessoal/primeiros socorros, para não colocar em risco todos os serviços que lá se encontram, sejam os de saúde, intervenção ou até mesmo as oficinas. O transporte do combustível será fornecido através de camiões-cisterna que deslocar-se-ão ao local necessário para o abastecimento do combustível. O local cumprirá todas as normas segundo a legislação e outras, para evitar a ocorrência de intervenção. A instalação de armazenamento terá um sistema de separação óleo-água para derrames e águas residuais (sistema de separação de hidrocarbonetos na rede de drenagem). O sistema de combate a incêndios da plataforma, irá assegurar prontamente a proteção contra incêndios do Posto de combustível. O local possuirá uma área de implantação edificada de 150 m^2, com uma altura prevista de 4,50 m e uma volumetria de 675 m^3, que será um centro de comando completo adjacente à atividade de abastecimento.

Neste local, serão instaladas bombas de abastecimento de combustível para a frota mineira e outros veículos associados aos demais serviços. O abastecimento de combustível será instalado abaixo do nível do solo para facilitar a descarga dos veículos responsáveis pelo combustível. O edifício terá de ter um controlo de humidade e temperatura rigoroso, sendo preferencialmente um espaço frio. O posto de combustível terá uma capacidade máxima de 250 000 litros, correspondentes a cerca de duas semanas de independência energética de combustíveis fósseis. Neste sentido, serão construídos 4 reservatórios de combustível subterrâneos, com uma capacidade máxima de 60 000 litros cada, garantindo desta forma, o abastecimento de cerca de duas semanas sem qualquer abastecimento. Estima-se que anualmente sejam consumidos cerca de 11 milhões de litros de combustível.

Em termos construtivos, a parte subterrânea do edifício (laje e paredes) é feita de betão armado em parede dupla, fundido no local. A laje terá espessuras considerável, na ordem dos 40 cm. A parte superior do edifício será feita de uma estrutura de aço com treliças de aço. As colunas de aço são aparafusadas às paredes/colunas subterrâneas de betão. O telhado consiste em chapas de suporte de carga, que são suportadas por vigas de aço.

A acompanhar o depósito será também instalado um centro de comando completo para o sistema de bombas de transferência e estação de distribuição. Seguidamente, com recurso a

um depósito móvel, o combustível será distribuído para as áreas de escavação para o abastecimento dos diversos equipamentos (escavadoras, dumpers, entre outros).

Os dispensadores ficarão situados junto à bomba de abastecimento de combustível localizada no Posto de Abastecimento tal como nos reservatórios de abastecimento móvel. Quanto às características construtivas estas serão definidas no âmbito do Projeto de Execução, o qual será desenvolvido de forma a cumprir todos os regulamentos e normas de proteção ambiental e segurança aplicáveis.

O abastecimento aos demais equipamentos de trabalho, nos locais de trabalho, será realizado segundo as melhores práticas ambientais, evitando quaisquer derrames acidentais, precavendo por exemplo a utilização de bacias metálicas no solo, impedindo o transbordo inadvertido dos combustíveis. A Lusorecursos solicitará o abastecimento de combustível, procurando fornecedores locais.

Medidas de prevenção a adotar:

- Uso de tanques de armazenamento de produtos petrolíferos de parede dupla com bacia secundária de retenção com capacidade suficiente para reter 110% do volume armazenado;
- Estabelecimento de metodologias para detetar níveis de hidrocarbonetos em tanques e evitar derramamentos;
- Fornecer dispositivos de contenção de derramamento nas áreas de armazenamento, distribuição e uso (isto é, o uso de lajes de proteção);
- Providenciar um separador de água e hidrocarboneto na área de armazenamento de combustível;
- Estabelecer procedimentos de recebimento e distribuição de hidrocarbonetos com formação de funcionários;
- Manutenção preventiva de tanques e equipamentos relacionados para evitar quebras e desgaste prematuro;
- Manter os kits de derramamento com absorventes no local atualizados e reposição sempre que necessária à sua utilização;
- Formação e consciencialização dos funcionários sobre a proteção ambiental;
- Estabelecimento de um plano de emergência com um procedimento de resposta específico.

4.4. Painéis Fotovoltaicos

O projeto prevê a instalação de sistema de produção solar fotovoltaica a implementar nas coberturas dos edifícios e sombreamento de lugares de estacionamento, ligados aos quadros elétricos de baixa tensão das instalações de utilização, através de inversores solares DC/AC, em regime de autoconsumo.

Para gerar eletricidade, um conjunto de sistema fotovoltaico refere-se à instalação dos painéis, mas também a outros componentes que devem ser instalados, tais como, conversores de corrente em corrente alternada, um gerador e um quadro elétrico.

No estudo das UPACs (Unidades de Produção para Autoconsumo) foram considerados os dois cenários, solução A e solução B da localização do CAM. Embora tenham localizações distintas, verificou-se que ambas as opções são equivalentes do ponto de vista das UPACs instaladas nas coberturas dos edifícios, uma vez que as áreas das coberturas são idênticas e as suas orientações não apresentam diferenças significativas.

Para os edifícios e parques de estacionamento apresentados, prevê-se a instalação de UPACs, ao abrigo do Decreto-Lei n.º 162/2019, na sua atual redação, com as seguintes características gerais:

Quadro 91 - Lista de edifícios a implementar com painéis fotovoltaicos da área de concessão "Romano"

Designação	Potência Pico (kWp)	Nº Módulos	Produção Especifica Prevista (kWh/kWp)	Produção Anual Prevista (kW/ano)	CO2 evitado (ton/ano)
Edifício das Competências	59,4	110	1341	79,7	16
Edificio de Pessoal	95	176	1341	127,4	25
Edificio da Administração	178,2	330	1341	239,0	48
Centro Médico	38,9	72	1341	52,2	10
Edificio de Pessoal (Boca da Mina)	58,3	108	1341	78,2	16
Estacionamento (Boca da Mina)	40,5	75	1321	53,5	11
Estacionamento CAM (Alternativa A)	1363,5	2525	1206	1644,4	329
Estacionamento CAM (Alternativa B)	440,1	815	1327	584,0	117
Total Alternativa A	1833,8	3396	1240	2273,9	**455**

Total Alternativa B	910,4	1686	1333	1213,6	**243**

As UPACs caracterizadas deverão apresentar os seguintes equipamentos principais:

- Módulos fotovoltaicos monocristalinos de 540 Wp;
- Inversores de string homologados pela DGEG;
- Estruturas metálicas em alumínio, para aplicação complanar nas coberturas dos edifícios e em Carport nos parques de estacionamento;
- Infraestrutura elétrica DC e AC de acordo com as normas vigentes;
- Equipamento de interligação da central em BT no QG da instalação de consumo.

Para o estudo da solução de solar fotovoltaico apresentada tomaram-se como pressupostos os seguintes pontos:

- Cobertura dos edifícios em chapa simples e fixação das estruturas metálicas de suporte dos módulos às coberturas por rebite;
- Instalação dos módulos de forma coplanar com as coberturas;
- Edifícios com platibanda até 0.5m;
- Coberturas dos edifícios orientadas a -24° Sul e com inclinação de 10°;
- Árvores e elementos envolventes que provoquem sombreamento não existentes;
- Interligação das UPACs nos quadros elétricos parciais nos edifícios das coberturas utilizadas.

A implantação prevista dos módulos em cada um dos edifícios e parques de estacionamento terá a seguinte disposição:

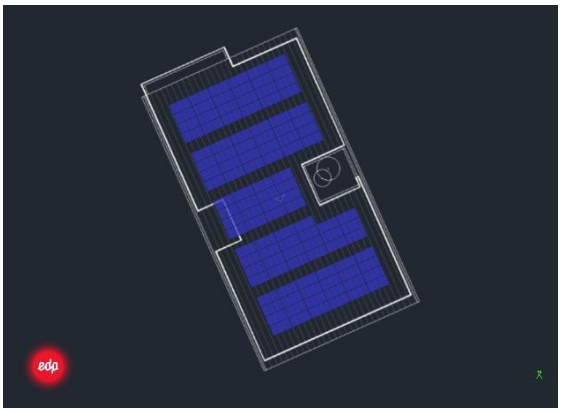


Figura 390 - Implantação no Edifício de Serviços técnicos

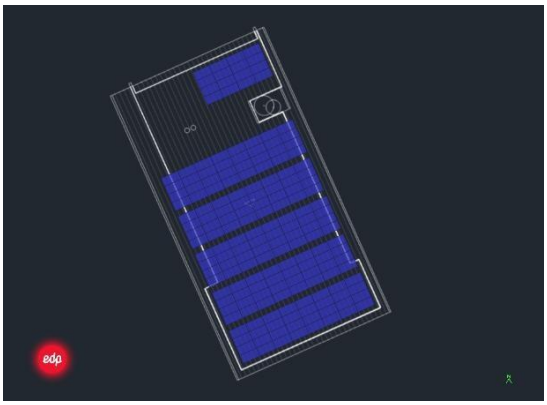


Figura 391 - Implantação no Edifício de Pessoal

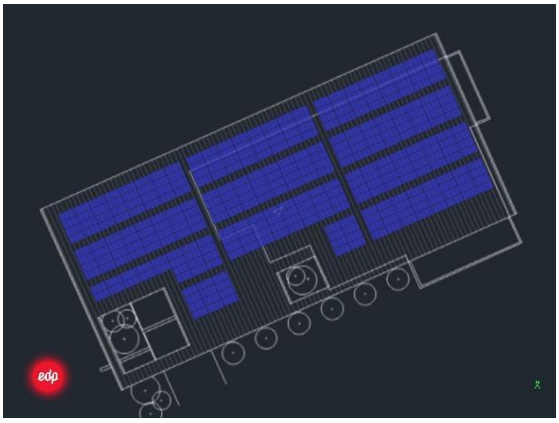


Figura 392 - Implantação no Edifício da Administração

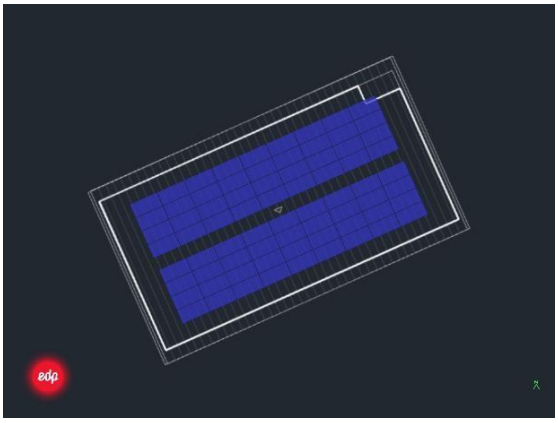


Figura 393 - Implantação no Edifício do Centro Médico

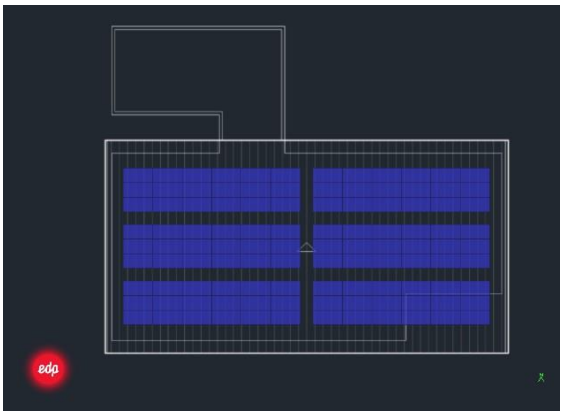


Figura 394 - Implantação no Edifício de Pessoal (Boca da Mina)

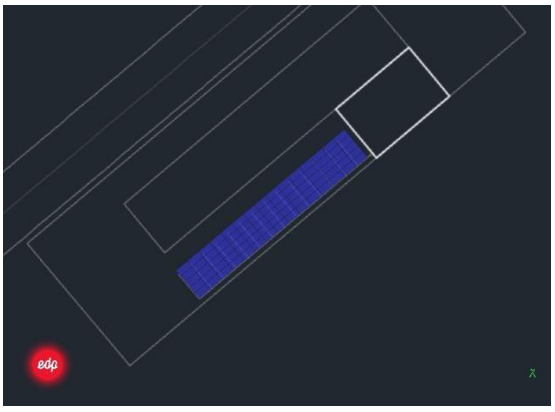


Figura 395 - Implantação no Parque de Estacionamento Boca da Mina

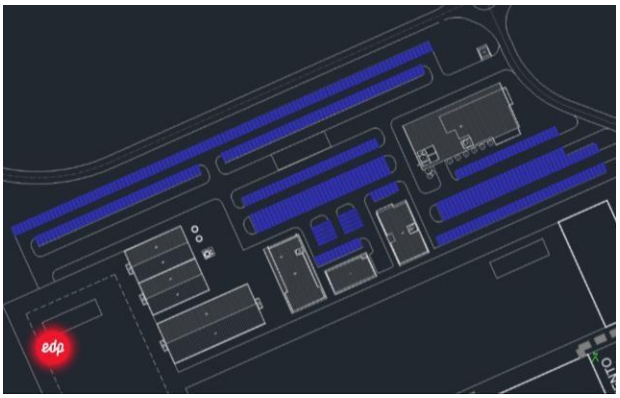


Figura 396 - Implantação no Parque de Estacionamento Principal (Opção A)

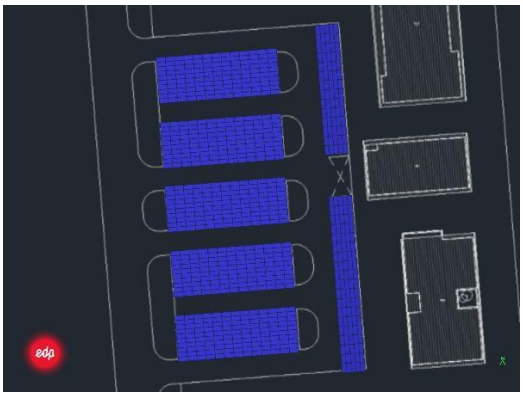


Figura 397 - Implantação no Parque de Estacionamento Principal (Opção B)

5. Instalações de tratamento de águas residuais domésticas, industriais e mineiras

As instalações de tratamento de águas tem um papel fulcral para o reaproveitamento da água nos processos. A localização das mesmas para as diferentes soluções do CAM, devem-se à disposição e necessidades de proximidade aos processos e ainda das capacidades dos sistemas de bombagem, tendo sido realizada uma análise para as escolhas finais. Nas Figuras seguintes, apresentam-se a disposição das ETAR'S nas soluções A e B definidas para o Complexo de Anexos Mineiros.

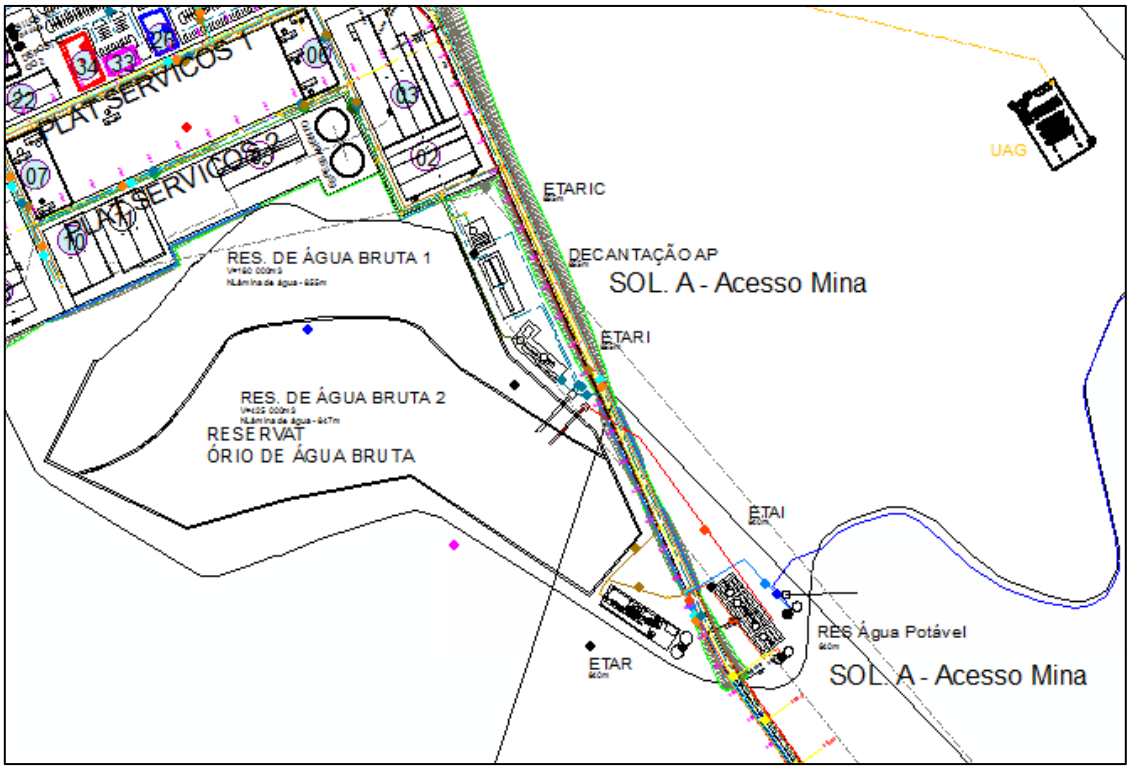


Figura 398 - Layout da localização da ETAR'S na solução A do CAM

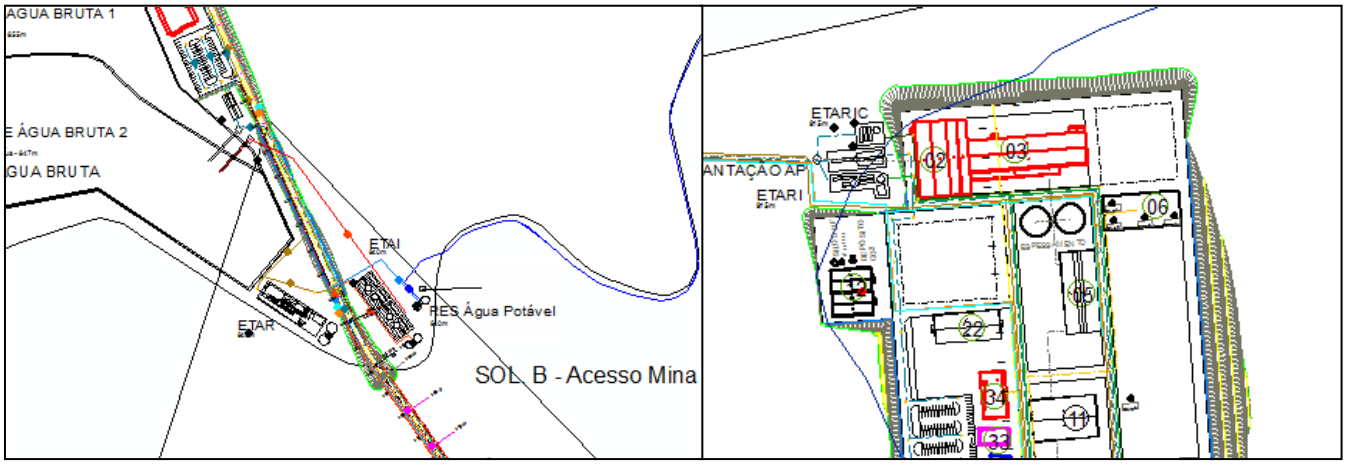


Figura 399 - Layout da localização da ETAR'S na solução B do CAM

5.1. Tratamento preliminar

Inicialmente, a água bruta afluente (proveniente dos reservatórios de água bruta) entra numa obra de entrada, composta por duas linhas paralelas compostas por:

- Uma grelha manual, onde serão separados os sólidos grosseiros afluentes à estação;

- Um sistema de desarenação, para que as águas provenientes das origens não tratadas sejam depuradas de areias e outros sólidos sedimentáveis.

A existência destas duas linhas em paralelo, vai permitir executar a manutenção de uma linha, em simultâneo com a operação da outra. Esta operação consistirá na remoção das areias e outros sólidos decantados para o local previsto neste estudo, sendo realizada, previsivelmente com periodicidade máxima semanal. No final deverá haver um canal Parschall com o respetivo medidor eletrónico para permitir medir os fluxos de entrada.

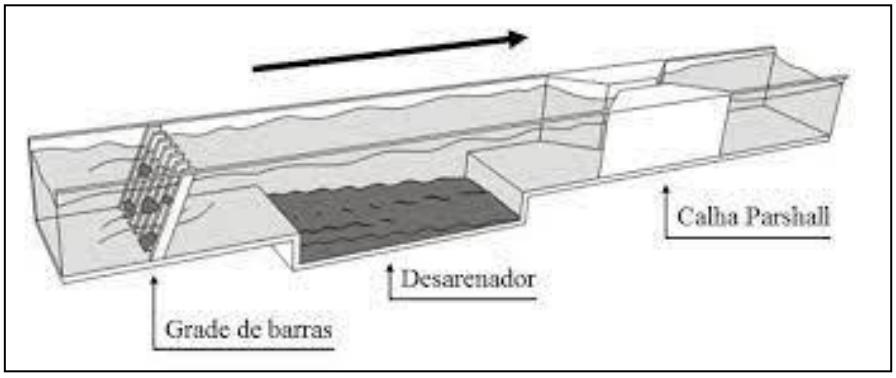


Figura 400 - Exemplo de uma obra de entrada com gradagem, desarenamento e canal Parshall

5.2. Estação de tratamento de águas industriais – ETAI

A água bruta armazenada no reservatório de água bruta, será conduzida a uma ETAI, de acordo com as necessidades de produção de água industrial, condução essa que será controlada automaticamente através de um sistema integrado de controlo e comando centralizado, através de bombagem.

Para satisfazer a demanda de água industrial, é aconselhável que a ETAI tenha capacidade de produção para o caudal máximo, Q_P, de 10 000 m^3/dia, mantendo igualmente capacidade para caudais menores, os quais poderão ser da ordem dos 10% do caudal máximo, ou seja cerca de 500 m^3/dia, ou até menores.

Por este motivo propõe-se a adoção de uma solução que siga os seguintes princípios:

- Aquisição de unidades modulares de construção soldada, as quais possam ser facilmente adicionadas à medida que o projeto vá evoluindo em termos das necessidades hídricas, com otimização económica dessas aquisições, podendo dar resposta de forma célere a aumentos de produção que venham a ocorrer, atendendo de igual forma ao período de arranque, o qual se prevê tenha menor produção e, portanto, muito menores necessidades hídricas.
- Aquisição inicial de 1 unidade modular, à qual se irão adicionando até um máximo de 4 unidades, permitindo atingir o pico de produção de 10 000 m^3/dia, no período cruzeiro. Estas unidades deverão ser dimensionadas por forma a terem alguma capacidade extraordinária de produção, para precaver eventuais eventualidades. Neste caso propõe-se quatro unidades capazes de produzir o pico do caudal de 10.000 m^3/h em 20 horas por dia, ficando ainda uma capacidade adicional de 4 horas diárias para permitir alguma flexibilidade de produção.
- Centralização do controlo e automatização das duas unidades num único local, assim como o laboratório de apoio, permitindo baixar custos de exploração.
- Adoção de um sistema de tratamento que englobe um sistema de neutralização do pH, para uma água bruta que se espera seja ácida, seguido de um sistema de coagulação, seguido de floculação e clarificação e armazenamento em reservatório de equalização com água clarificada, por forma a poder acionar essa água em caso de pedido de água, de um reservatório de água industrial tratada, no final do processo. Seguidamente a água será bombada a partir do reservatório de clarificação, passando por uma bateria de filtros de sílica, seguindo para o referido reservatório de A_I tratada. Antes de entrar no reservatório de água tratada deverá ser realizada a desinfeção desta água, através da adição de

hipoclorito, num processo de cloragem, o qual deverá ser eventualmente reforçado nos reservatórios de jusante, por forma a impedir o desenvolvimento de microrganismos na água que possam turvar a mesma. Os sistemas de adição do cloro deverão ser devidamente estudados para cada caso em projeto de execução. Finalmente, do reservatório de água tratada, a água poderá ser bombada para o reservatório de *AI*, a construir à cota +1 000,00 m.

5.3. Estação de Tratamento de Águas Residuais Domésticas – ETAR

As águas provenientes do saneamento das águas residuais domésticas da Mina do "Romano" e do CAM, serão encaminhadas por sistemas de saneamento, tal como indicado no capítulo anterior, até à ETAR doméstica prevista, a qual, dada a sua conceção modular e contentorizada, se propõe colocar com o início da construção do projeto, de forma rápida, podendo servir durante o período de arranque inicial, sendo depois avaliada a sua continuidade ou evolução para outro tipo de solução.

Figura 401 - Vista da ETAR preconizada para a Mina do "Romano", a qual produz um efluente totalmente preparado para reutilização

A ETAR do Romano irá funcionar de acordo com os seguintes processos:

1 - TRATATAMENTO PRELIMINAR: O esgoto afluente entra numa obra de entrada, composta por uma grelha manual, seguida de uma grelha automática, onde serão separados os sólidos grosseiros afluentes à estação. Estes sólidos serão recolhidos para um recipiente apropriado e posteriormente encaminhado para destino apropriado. Seguidamente o influente passará por um canal desarenador, sendo separadas eventuais areias da água. Posteriormente a água passará por um canal do tipo Parschall, onde um equipamento de medição medirá em

contínuo o fluxo de entrada. A obra de entrada terá duas linhas que funcionarão alternadamente para se poder realizar a respetiva manutenção.

2 – TRATAMENTO PRIMÁRIO*:* Após o tratamento preliminar, a água fluirá graviticamente para uma caixa repartidora de caudal, sendo distribuída por duas fossas séticas, cada uma com 80 m^3 de capacidade. Nestas fossas, o influente é homogeneizado em termos de carga, existindo também uma capacidade de retenção por forma a equalizar eventuais picos de produção e permitir o correto processo posterior. Estes tanques, com descarga superior de gases, permitirão também a separação das gorduras e óleos, que irão permanecer na parte superior do órgão e dos sólidos mais pesados, os quais irão permanecer na parte inferior. Eventualmente irá ocorrer digestão anaeróbia das lamas primárias que aqui forem sedimentadas. Neste órgão será necessário realizar uma manutenção anual para retirada de gorduras, areias mais finas e lamas.

3 – TRATAMENTO SECUNDÁRIO*:* O afluente, desbastado de sólidos e de lamas primárias, passa, graviticamente para uma estação elevatória onde será bombado para a estação compacta BLUECON 10. Esta estação vai realizar um tratamento de tipo físico-químico, totalmente automatizado, garantindo uma qualidade final do efluente de acordo com as necessidades de afinamento próprias para o seu uso como água de rega ou de lavagens várias.

Estação de Tratamento de Águas Industriais do Concentrador – ETARIC: As águas residuais provenientes do Concentrador, deverão ser objeto de um tratamento específico, permitindo a sua reentrada no reservatório de água bruta, para reutilização como Água Industrial, AI. Este sistema funcionará diariamente, devendo ter capacidade para o tratamento de 5 000 m^3/dia. De acordo com a escassa informação relativa à tipologia das águas residuais do Concentrador, propõe-se um sistema que incorpore as seguintes etapas:

1 – TRATAMENTO DE NEUTRALIZAÇÃO: A água residual é neutralizada, através da adição de solução de Hidróxido de Sódio, de forma automática através de um sistema controlador/ doseador.

2 – TRATAMENTO DE FILTRAÇÃO: A água residual neutralizada passará por um sistema de filtros mistos de areia e antracite, seguidos de um sistema de filtração por carvão ativado. Este sistema de filtração deverá realizar lavagens em contra corrente. As águas das lavagens em

contra corrente deverão ser encaminhadas ara a Estação de tratamento de águas industriais - ETARI, a seguir descrita.

3 – TRATAMENTO DE CORREÇÃO À CONDUTIVIDADE*:* Após o tratamento por filtração, a água passará por um sistema de diminuição da condutividade, através da passagem por um sistema de filtros com enchimento específico para abaixamento da condutividade. As águas das lavagens em contra corrente deverão ser encaminhadas para a Estação de tratamento de águas industriais - ETARI, a seguir descrita.

5.4. Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais – ETARI

De acordo com o referido atrás, o CAM, nomeadamente o Concentrador e a Refinaria, terão uma ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS – ETARI, dedicada, para o tratamento de águas provenientes de manutenções, reparações, incidentes produzidos nas unidades Concentrador e Refinaria, bem como das águas resultantes das retro-lavagens dos filtros da ETARIC, devendo ser dimensionada uma unidade de tratamento de tipo físico-químico, que incorpore as seguintes etapas:

1 -Tratamento preliminar: A água residual entra numa obra de entrada, composta por uma grelha manual, seguida de uma grelha automática, onde serão separados os sólidos grosseiros afluentes à estação. Estes sólidos serão recolhidos para um recipiente apropriado e posteriormente encaminhado para destino apropriado. Seguidamente o influente passará por um canal desarenador, sendo separadas eventuais areias da água. Posteriormente a água passará por um canal do tipo Parschall, onde um equipamento de medição medirá em contínuo o fluxo de entrada. A obra de entrada terá duas linhas que funcionarão alternadamente para se poder realizar a respetiva manutenção. Após esta entrada, o influente deverá passar por um separador de hidrocarbonetos, para retirar eventuais óleos e hidrocarbonetos.

2 - Neutralização: A água residual será analisada ao nível do pH quando entrar e dessa forma será adicionado o majorador ou o minorador de pH, conforme se trate de água ácida ou básica, durante a passagem do tratamento preliminar para o tratamento primário.

3 – Tratamento primário: Após o tratamento preliminar, a água fluirá por gravidade para uma caixa repartidora de caudal, sendo distribuída por duas fossas séticas, com capacidade suficiente para amortizar picos afluentes de pelo menos 24 horas. Nestas fossas, o influente é

homogeneizado em termos de carga, existindo também uma capacidade de retenção por forma a equalizar eventuais picos de produção e permitir o correto processo posterior. Estes tanques, com descarga superior de gases, permitirão também a separação mais fina das gorduras e óleos remanescentes, que irão permanecer na parte superior do órgão e dos sólidos mais pesados, os quais irão permanecer na parte inferior. Neste órgão será necessário realizar uma manutenção anual para retirada de gorduras, areias mais finas e lamas.

4 –Coagulação e floculação: O afluente, desbastado de sólidos e de lamas primárias, passa, por gravidade para uma estação elevatória onde será bombado para um reator de mistura, aonde será adicionado o coagulante. Após este tanque será adicionado o floculante noutro compartimento, passando a água para um tanque de armazenamento de água final. Daqui o efluente deverá ser filtrado em filtros de multimédia de areia, uns e de carvão ativado, os finais. Caso exista condutividade elevada deverá existir uma linha de tratamento final com osmose inversa para afinar o efluente final.

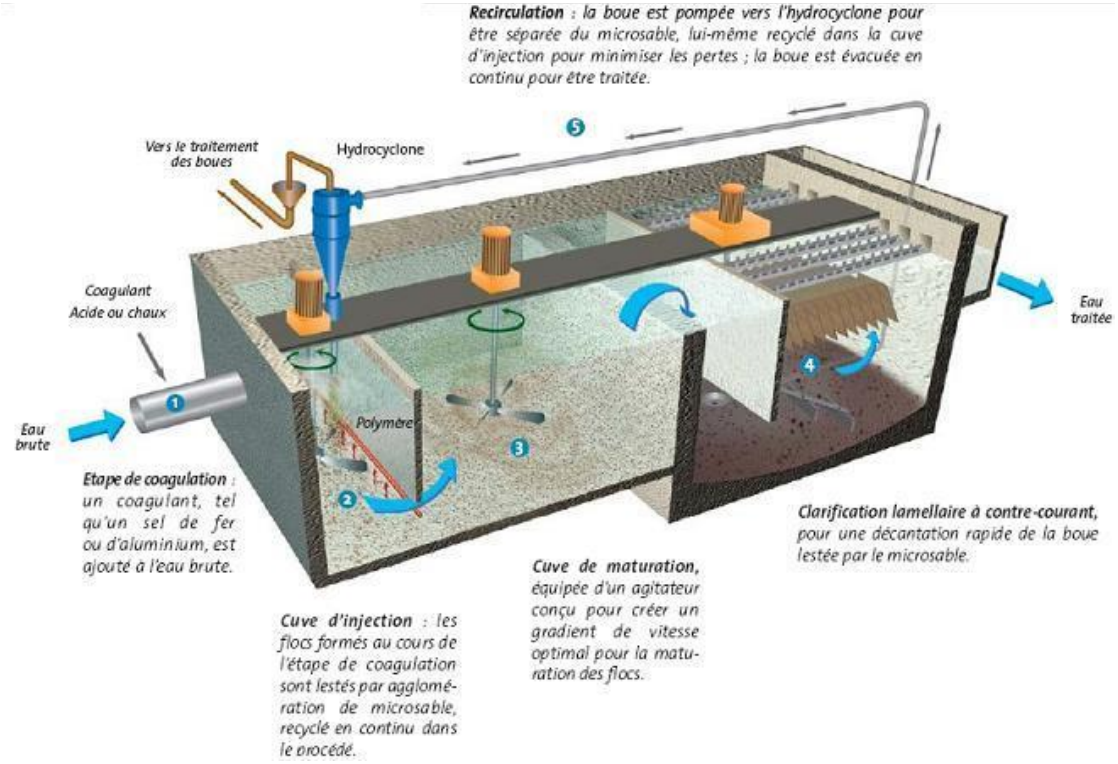


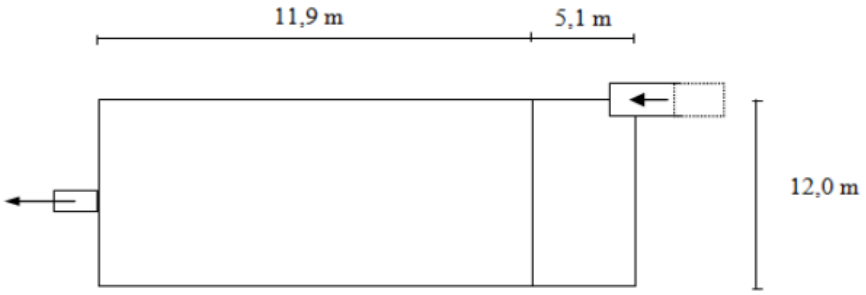
Figura 402 - Vista de um sistema compacto de coagulação / floculação capaz de tratar os efluentes gerados na ETARI do Romano (Retirado a partir de https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/coagulation-floculation/generalites)

5.5. Estação de Tratamento de Águas Mineiras (ETAM)

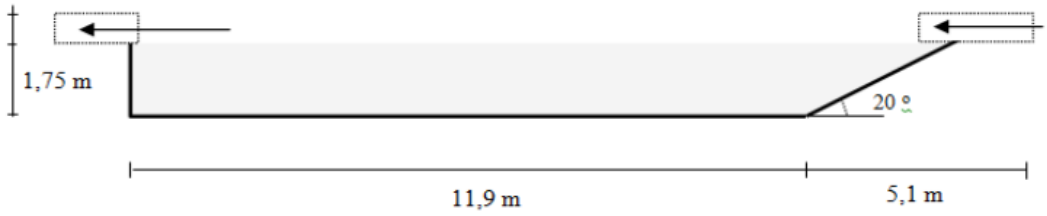
As águas provenientes da mina propriamente dita, deverão ser tratadas numa ETAM, a qual deverá ter as seguintes particularidades:

1 - TRATAMENTO PRELIMINAR: A água proveniente da deverá passar por um separador de hidrocarbonetos, para retirar eventuais óleos e hidrocarbonetos.

2 – BACIA DE DECANTAÇÃO: Os efluentes provenientes da Mina, após a separação dos hidrocarbonetos deverão ser encaminhados para uma bacia de decantação, a qual deverá ter uma configuração semelhante à representada na Figura abaixo.



Esquema da configuração da bacia de decantação (Planta).



Esquema da configuração da bacia de decantação (Corte).

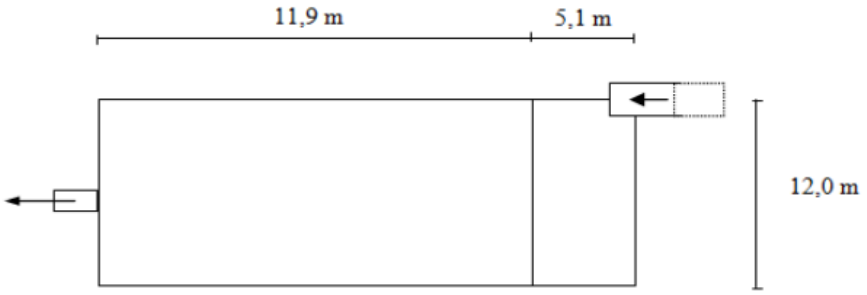
Figura 403 - Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de https://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf)

Serão ainda instalados sistemas de drenagens nas águas que resultem das escorrências da escombreira.

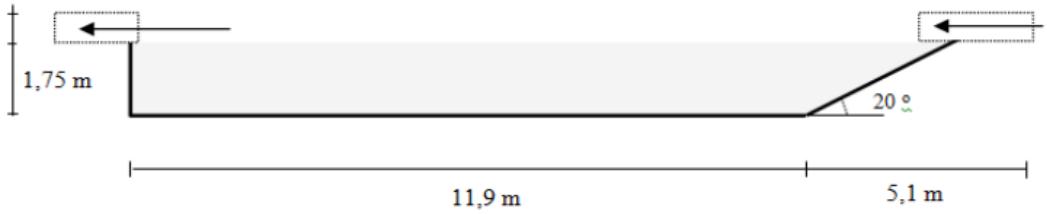
5.6. Bacias de Decantação (BD)

As águas provenientes das Escombreiras Nascente e Poente (alternativas), deverão ser tratadas numa BD, a qual deverá ter as seguintes particularidades:

1 – BACIA DE DECANTAÇÃO: Os efluentes provenientes das Escombreiras Nascente e Poente, após a separação dos hidrocarbonetos deverão ser encaminhados para uma bacia de decantação, a localizar em cada uma das escombreiras, as quais deverão ter uma configuração do tipo da representada na Figura seguinte.



Esquema da configuração da bacia de decantação (Planta).



Esquema da configuração da bacia de decantação (Corte).

Figura 404 - Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de https://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf)

5.7. Sistemas de Tratamento de Águas Drenadas de Zonas Impermeabilizadas (AIMP)

Nos diversos locais impermeabilizados, nomeadamente no CAM, e nas zonas de apoio à mina, onde haja a possibilidade de estacionamento de viaturas ou de maquinarias, deverão adotar-se os seguintes princípios gerais de prevenção, aplicáveis a todos os locais onde ocorram estas águas, a implantar de acordo com o desenvolvimento das redes de drenagem de águas, descrita a seguir, o permita:

- Em todas as superfícies dos locais de atividade, impermeabilizadas ou não, deverá haver a construção de uma rede de drenagem natural de contenção a essas áreas, devendo as águas das escorrências naturais ser apartadas destas por uma rede periférica de contenção, por forma a impedir a mistura de águas contaminadas com águas não contaminadas;

- Todas as águas que tenham passado por superfícies aonde se parqueiem ou estacionem máquinas ou veículos automóveis, deverá ser instalado um separador de hidrocarbonetos;

- Todas as águas que tenham passado por superfícies aonde tenha sido possível o arrasto e a suspensão de partículas sólidas, de qualquer dimensão, deverão passar por um reservatório de decantação antes de serem libertadas no meio hídrico;

- Os princípios enunciados atrás aplicam-se mesmo que que as águas sejam direcionadas para o reservatório de água bruta.

Serão indicadas nas peças desenhadas as localizações previstas para estas estruturas de prevenção.

Os resíduos que serão produzidos são os seguintes:

- Hidrocarbonetos, os quais deverão ser aspirados periodicamente, em princípio trimestralmente, devendo ser armazenados em contentores adequados, a localizar no armazém de resíduos.

5.8. Sistemas de Descarga no Meio Hídrico

Em todos os locais de descarga de águas consideradas como efluentes no meio hídrico, nomeadamente os três pontos de descarga deste projeto: na ribeira que passa no Moinho do Inferno; na ribeira que passa na Carvalhosa; no Ribeiro da lama; deverá ter-se em atenção e construir sistemas de descarga de tempestade, por forma a dissipar a energia cinética da água antes da sua entrega ao meio hídrico, por forma a eliminar a possibilidade de fenómenos de erosão extrema nos locais de descarga e destruição de habitats ripícolas.

6. Reservatórios de água

Relativamente ao abastecimento e aproveitamento de água para todas as atividades da concessão, a estratégia da Lusorecursos é a seguinte:

- Aproveitamento de todos os recursos hídricos primários existentes no interior do complexo, sejam águas subterrâneas, águas superficiais ou águas pluviais.
- Reciclagem de toda a água passível de ser reciclada, seja a totalidade da água resultante dos esgotos domésticos do complexo, seja a água resultante dos processos industriais e mineiros.
- Minimização da utilização da água exterior ao complexo.
- Minimização da utilização de água potável por parte do complexo.
- Minimização da produção de águas residuais para destino final.
- Minimização da quantidade de águas residuais rejeitadas para fora da Mina e do Complexo de Anexos Mineiros.
- Minimização dos custos associados aos sistemas de abastecimento e tratamento de águas do complexo.
- Diversificação das origens de água da Mina e Complexo de Anexos Mineiros, por forma a reduzir o risco de falta de água para laboração.

Existem, portanto, diversos reservatórios de água integrados e distribuídos por todo o CAM:

O quadro síntese abaixo representa os reservatórios existentes no projeto da concessão do "Romano", assim como, a sua volumetria, material construtivo, localização espacial e as principais funções.

Quadro 92 - Relação dos reservatórios constituintes das redes hidráulicas

Reservatório	V(m3)	Material	Localização	Função
Reservatório de Água Bruta 1	180000	Terreno natural e betão	Junto à M525 com a lâmina de água à cota máxima 855	Armazenamento de Água Bruta para posteriomente ser tratada na ETAI
Reservatório de Água Bruta 2	425000	Terreno natural e betão	Junto à M525 com a lâmina de água à cota máxima 847	Armazenamento de Água Bruta para posteriomente ser tratada na ETAI
Reservatório de Água Bruta 3	2x150	Betão	Junto à plataforma de acesso à mina à cota 870	Reservatório que recebe água da plataforma da mina e do RdAB 4 e o envia para os RdAB1 e RdAB2
Reservatório de Água Bruta 4	2x150	Betão	Junto à mina à cota 940	Reservatório que recebe água das captações da Ribeira do Moinho do Inferno, da Ribeira da Carvalhosa e da ETAM, e a envia para o RdAB3
Reservatório de Água Potável 1	2x50	Betão	Junto à M525 à cota 840	Recebe a água da adutora das Águas do Norte e por bombagem a envia para os reservatórios à cota 1000
Reservatório de Água Potável 2	2x100	Betão	à cota 1000	Recebe a água dos depósitos à cota 840. A distribuição de AP ao complexo é feita a partir destes reservatórios.
Reservatório de Água Industrial 1	2x50	Betão	Junto à M525 à cota 840	Recebe a água da ETAI e por bombagem a envia para os reservatórios à cota 1000
Reservatório de Água Industrial 2	4x3000	Betão	à cota 1000	Recebe a água dos depósitos à cota 840. A distribuição de AI ao complexo é feita a partir destes reservatórios.
Reservatório de Água Residual	2x400	Betão	à cota 840, junto à ETAR	Recebe a água resultante do processo de tratamento na ETAR

Reservatório de Água Bruta 1 e 2:

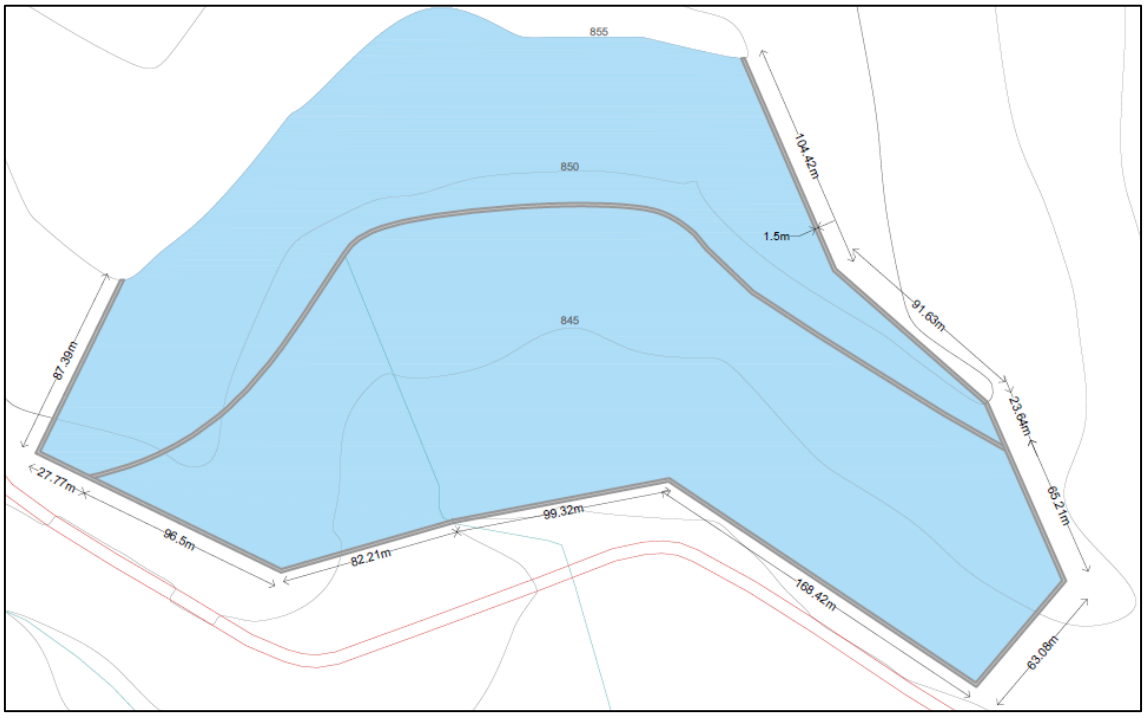


Figura 405 - Reservatórios 1 e 2 em cascata, com estruturas de contenção em perfil esbelto de betão armado

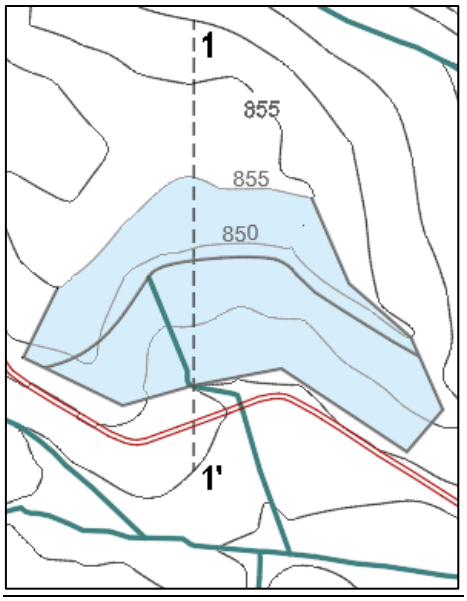


Figura 406 - Reservatórios 1 e 2 em representação topográfica com indicação dos cortes transversais

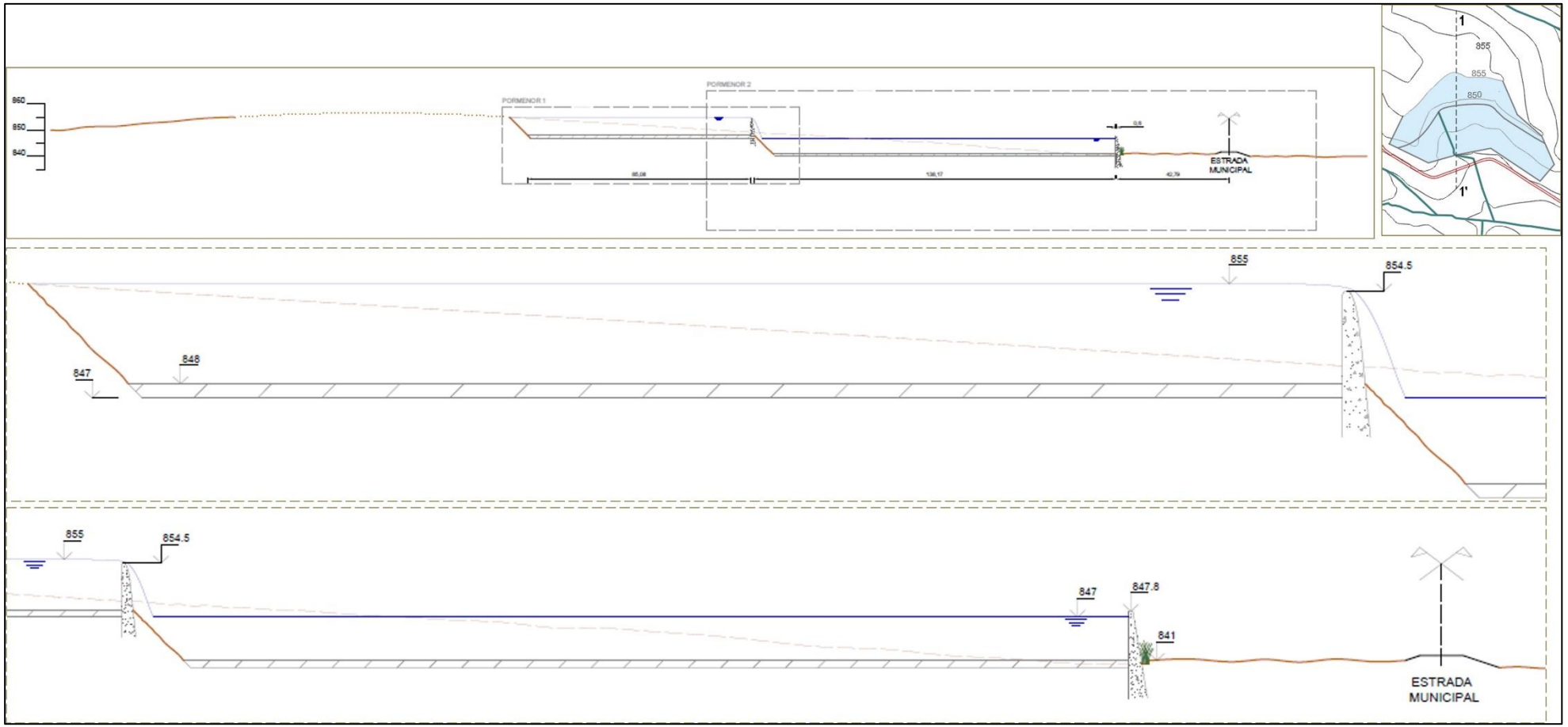


Figura 407 - Corte transversal dos reservatórios 1 e 2

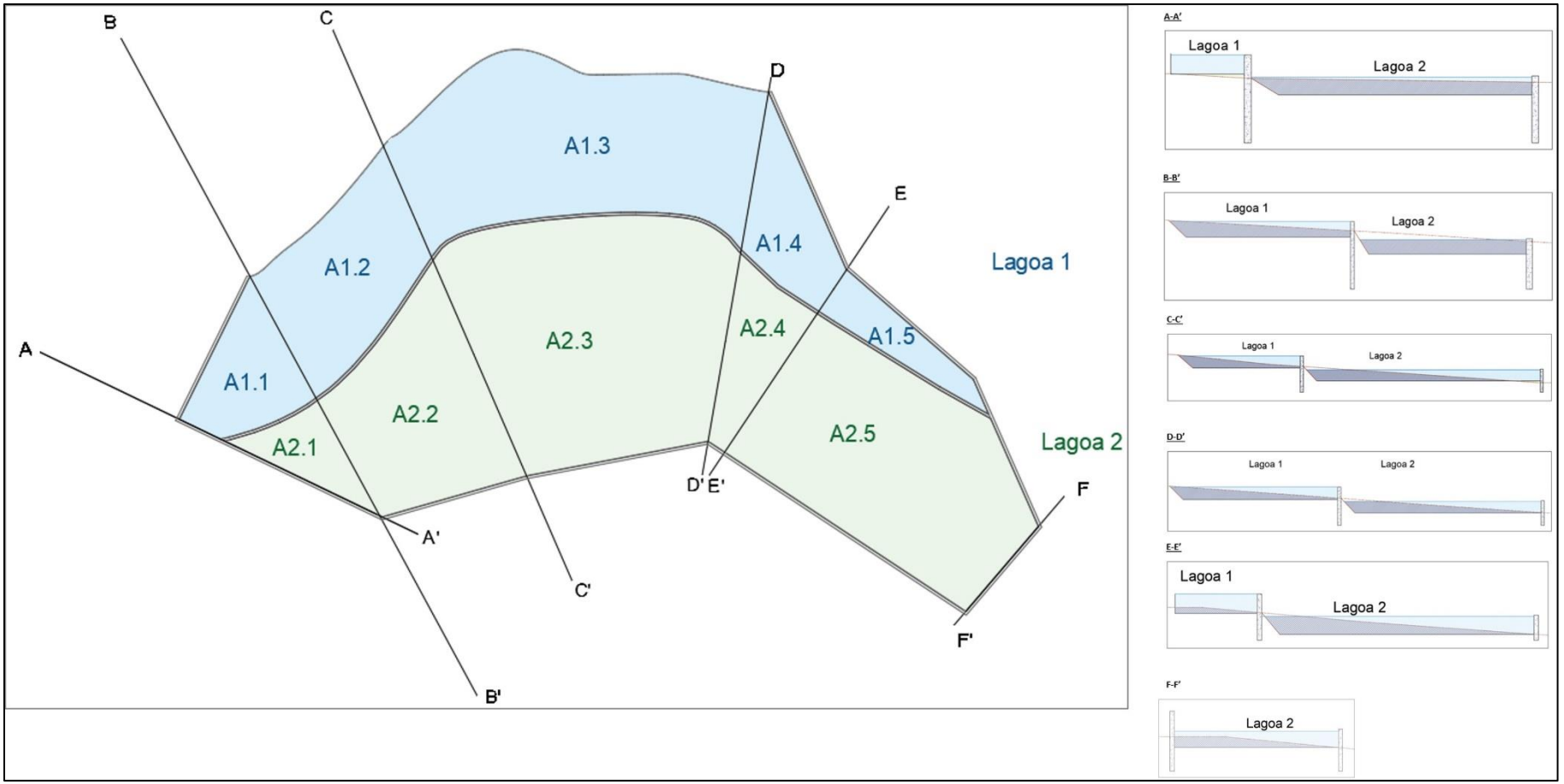


Figura 408 - Cortes transversais para efeitos de cálculo e Engenharia de construção dos reservatórios 1 e 2

Estes reservatórios de água bruta deverá ter um volume de armazenamento substancial, por forma a realizar as seguintes funções:

- Homogeneizar diferentes origens de águas;
- Permitir a constituição de uma reserva estratégica de água que permita alguma autonomia a toda a Mina do "Romano e ao seu CAM superior a um mês de necessidades de água;
- Poder gerir com alguma autonomia, a provisão de águas das diferentes origens com as previsões meteorológicas e assim otimizar os custos com energia das bombagens.

Reservatório de Água Bruta 3 e 4;

Os dois reservatórios de água bruta 3 possuirão um volume de 150 m^3, localizados junto à plataforma da Boca da Mina, na cota de +870,00 m (Figura seguinte). Estes reservatórios recebem água da plataforma da Boca da Mina e do RdAB 4 e envia para os RdAB 1 e RdAB2. Estes serão reservatórios de betão.

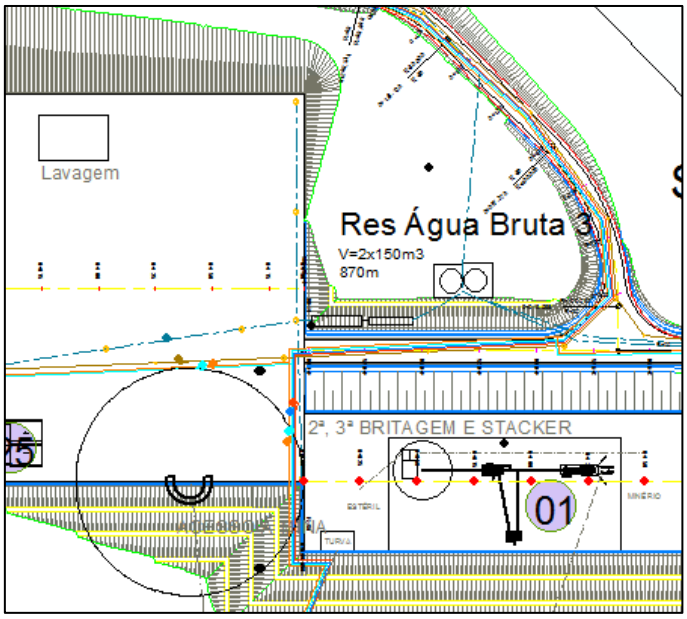


Figura 409 - Layout reservatórios de água bruta 3

Quanto aos reservatórios de água bruta 4, serão igualmente dois reservatórios em betão com um volume de 150 m^3. Estes localizar-se-ão junto à exploração a céu aberto, à cota de +940,00 m e servirão o propósito de receber a água das captações da Ribeira do Moinho do Inferno, da Ribeira da Carvalhosa e da ETAM, enviando para o RDAB3 (Figura abaixo).

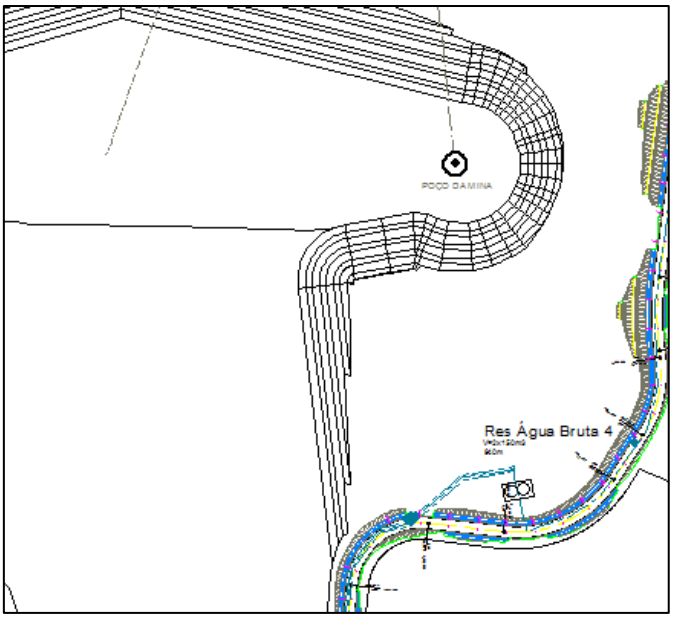


Figura 410 - Layout reservatórios de água bruta 4

Reservatório de Água Potável 1 e 2:

Os dois reservatórios de água potável 1 serão em betão, possuindo 50 m^3 e localizar-se-ão junto da M525 à cota de +840,00 m (Figura seguinte). Estes terão como função o coleta da água proveniente das Águas do Norte, por bombagem e envia para os reservatórios à cota +1 000.

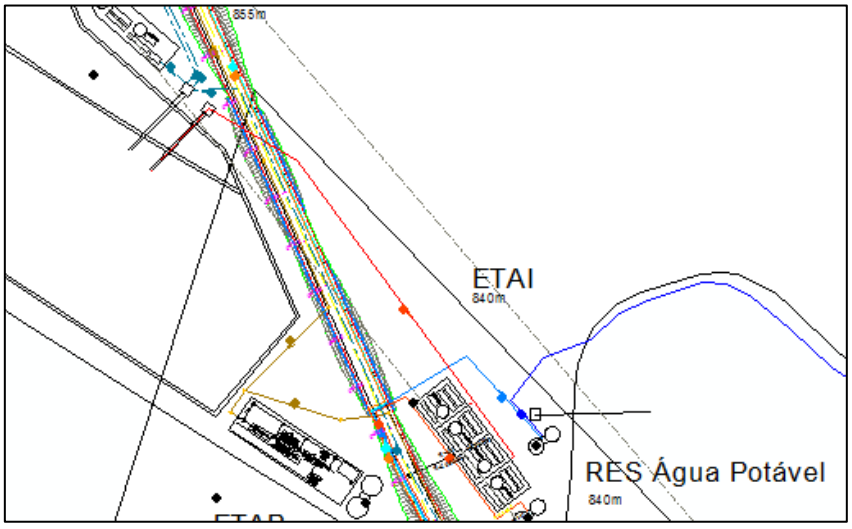


Figura 411 - Layout reservatórios de potável 1

Os dois reservatórios de água potável 2 também em betão, terão um volume de capacidade de 100 m^3 e localizar-se-ão à cota +1 000,00 m (Figura seguinte). Estes recebem dos depósitos

anteriores da cota 840. A distribuição de água potável ao CAM será realizada a partir destes reservatórios.

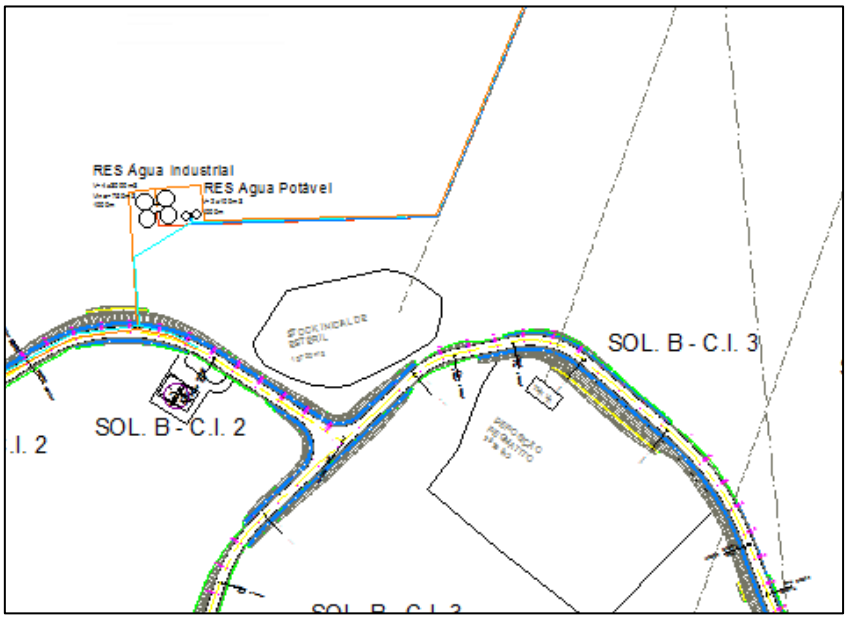


Figura 412 - Layout reservatórios de potável 2

Reservatório de Água Industrial 1 e 2;

Os dois reservatórios de água industrial 1 serão de construção em betão, terão um volume de capacidade de 50 m^3 e localizar-se-ão à cota +840,00 m junto à M525 (Figura seguinte). Estes recebem a água da ETAI e por bombagem envia para os reservatórios à cota +1 000,00 m.

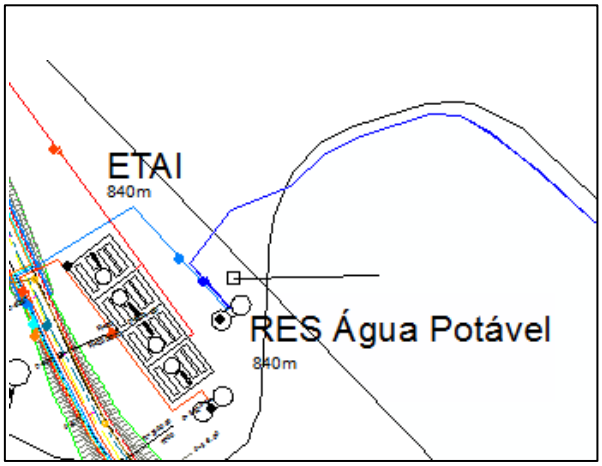


Figura 413 - Layout reservatórios de água industrial 1

No caso dos reservatórios de água industrial 2 serão quatro reservatórios em betão, que terão um volume de capacidade de 3 000 m^3 e localizar-se-ão à cota +1 000,00 m (Figura seguinte). Estes recebem dos depósitos à cota +840,00 m e realizam a distribuição de água industrial ao complexo de anexos mineiros, mais concretamente aos processos.

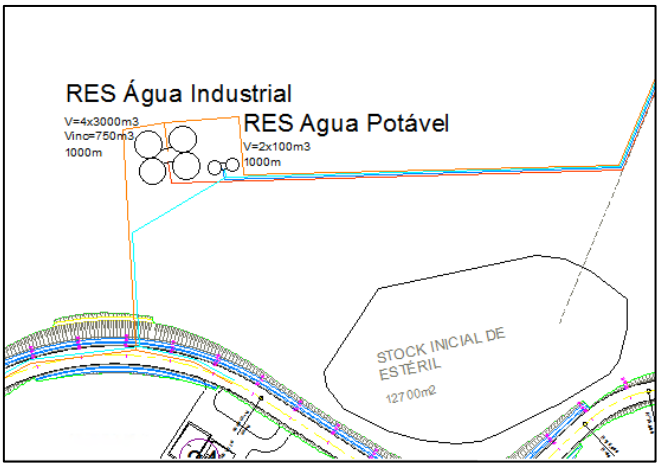


Figura 414 - Layout reservatórios de água industrial 2

Reservatório de Água Residual

Os reservatórios de água industrial serão dois, com uma capacidade de 400 m^3 de construção em betão, localizando-se à cota +840,00 m junto à ETAR. Estes reservatórios, recebem a água resultante do processo de tratamento efetuado na ETAR.

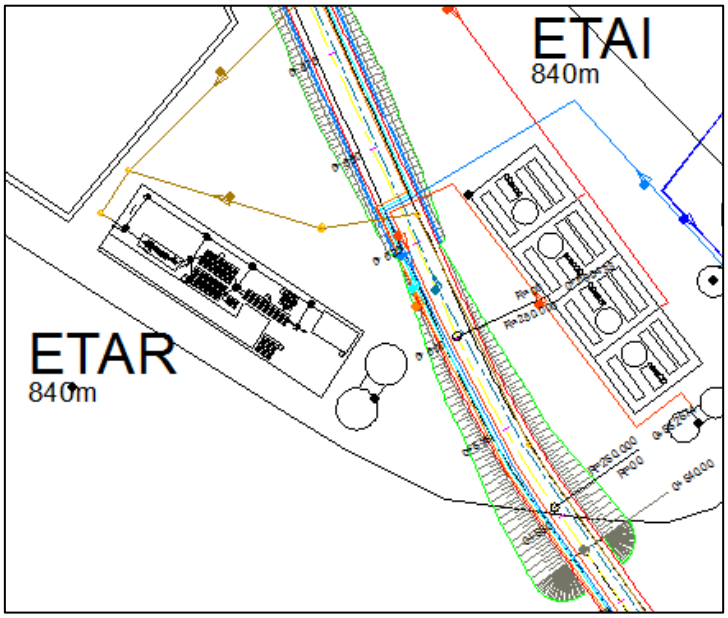


Figura 415 - Layout reservatórios de água residual

7. Centro de controlo e laboratórios

A Lusorecursos pretende implementar um laboratório de geologia e caroteca de apoio à execução de trabalhos de investigação nas áreas de geologia mineira, engenharia geológica e minas e de processamento mineral com enfoque em análises mineralógicas, geoquímicas e de processamento físico-químico de amostras de acordo com as melhores práticas para minimizar riscos de contaminação e assim obter dados analíticos mais confiáveis.

Os principais motivos relacionam-se com a otimização do conhecimento geológico, mineralógico e estrutural do minério a explorar e transformar industrialmente. Para o efeito, serão desenvolvidas metodologias que comportam a correta utilização de "softwares" que reproduzam modelos geológicos coerentes das rochas-alvo de exploração e que processem dados geoestatísticos fiáveis. Ao mesmo tempo, procurar-se-á capacitar uma equipa que produza resultados igualmente confiáveis ao nível analítico "in situ" e de apoio à separação e concentração de petalite e dos outros minerais de interesse no jazigo Romano (e.g. cassiterite).

Dada a necessidade da melhor gestão possível da frota mineira e de outras atividades associadas às operações mineiras previstas no Plano de Lavra, implementar-se-á um centro de controlo, que corresponderá ao local onde as operações mineiras "open-pit" e "underground" vão ser monitorizadas tanto "in-situ" como remotamente, ou seja, quantidades de minério e rochas estéreis transportadas pela frota mineira, avaliação dos ciclos de produção e elaboração de relatórios das respetivas produtividades assim como outros elementos relativos às atividades de manutenção de correias transportadoras e infraestruturas da área de extração tais como o poço principal e os de ventilação.

7.1. Laboratório de Geologia

O laboratório de geologia projetado apresenta uma área implantada de 786,50 m^2, com uma altura prevista de 7,60 m, correspondendo a uma volumetria de 4 483,10 m^3

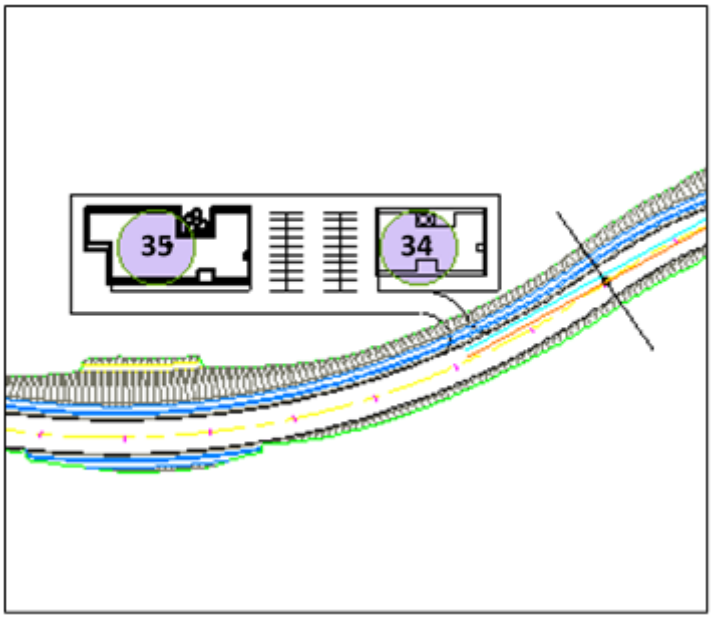


Figura 416 - Esboço do "layout" da concessão "Romano" onde se representam o Laboratório de geologia (35) e os serviços técnicos Mina (34)

Descrevem-se de seguida as valências, tipologia de trabalhos e os recursos afetos ao laboratório de geologia (Figuras seguintes):

1) Armazenamento e catalogação de carotes de sondagem e preparação de amostras para trabalhos posteriores;
2) Moagem e pulverização de amostras para análises geoquímicas de rocha-total e/ou elementares em laboratórios externos da Academia e/ou Comerciais;
3) Processamento físico de amostras para fins analíticos / processamento mineral com vista à otimização dos testes metalúrgicos e beneficiação dos minerais de lítio e de outros metais críticos (estanho – Sn, nióbio – Nb e tântalo – Ta);
4) Laboratório de análises petrográficas e químicas por FRX – Fluorescência de Raios-X e por LIBS – "Laser Induced Breakdown Spectroscopy" de elementos de interesse com recurso a equipamentos próprios;
5) Laboratório de modelação geológica, planeamento mineiro e sistemas avançados de informação geográfica;
6) "Back-office", armazém de consumíveis e material de segurança.

Para cada valência, abaixo discriminam-se alguns dos equipamentos a adquirir:

1) Balança de plataforma e outros consumíveis;

2) Moinhos de maxilas, moinhos de anéis de zircónio e carboneto de tungsténio; divisores / separadores de amostras e consumíveis associados;
3) Agitador de crivos e os crivos de 63, 125, 250 e 500µm e 1, 2 e 4 mm; tinas de ultrassons e soluções de limpeza; balança eletrónica de precisão; estufas; separador magnético "*Frantz*"; analisador granulométrico a laser;
4) Microscópios petrográficos de Luz transmitida e refletida; lupa binocular; analisador portátil de alta performance por FRX, modelo S1 TITAN 800, da Bruker com as calibrações "Geo Exploration-Mining" e "Lithium Index"; "*SciAps Z-300* GEOChem Handheld LIBs Analyzer" com "Li calibration adjustment with customer samples"; Applied Spectra ASI J200 LIBS Instrument (de bancada); difractómetro de raios-X de bancada entre outros;
5) Computadores "desktop" + portáteis para utilização dos "*softwares*" de modelação geológica, desenho e planeamento mineiros entre outros.

Perspetiva-se a médio-longo prazo a implementação de uma unidade laboratorial para a confeção de lâminas delgadas polidas (0,03 mm) para consumo interno (com a perspetiva de serem analisadas à microssonda eletrónica – EPMA) e para prestação de serviços a terceiros. De igual modo, equaciona-se a compra de equipamento de escritório para receção, tratamento e gestão de dados de entradas e saídas; consumíveis tais como materiais de apoio aos procedimentos laboratoriais: papel, copos de vidro e de plástico, porta-amostras, vidros de relógio, tabuleiros, espátulas, pincéis, materiais de esterilização e limpeza (*e.g.* álcool), equipamento de segurança (batas, luvas, óculos, capacetes, máscaras) entre outros químicos de manutenção (*e.g.* WD-40 etc.).

Figura 417 - Esboço geral do laboratório de geologia, com uma respetiva área de serventia para uma caroteca

Figura 418 - Esboço geral do laboratório de geologia

A implementação de tarefas de QA/QC ("Quality Assurance"/"Quality Control") será um dos focos do laboratório de geologia na medida em que, se estes procedimentos decorrerem da melhor forma possível, todos os restantes a jusante serão otimizados e desprovidos de erros grosseiros que possam comprometer parâmetros como a recuperação em Mina, na lavaria e fábrica hidrometalúrgica. Portanto, a título de exemplo, a descrição geotécnica precisa de testemunhos provenientes de futuras campanhas de sondagens mecânicas com a respetiva correta inserção dos dados em documentos físicos e digitais, a amostragem representativa e a pulverização "livre" de contaminações são imperativos.

As linhas de investigação estarão intimamente associadas às observações macro- e microscópicas de amostras de rochas/minerais e lâminas delgadas polidas complementadas por análises químicas de rocha-total e/ou pontuais. A integração da informação obtida em ferramentas informáticas robustas permitirá construir trabalhos científicos relevantes para aumentar substancialmente o conhecimento existente sobre a metalogénese das mineralizações litiníferas e de metais raros (*e.g*. Sn, Nb e Ta) de Trás-os-Montes Ocidental.

Importa também referir que a capacitação de recursos humanos qualificados/adequados e com um grande sentido de responsabilidade e dedicação ergue-se como o principal ponto para a melhor condução possível dos desígnios da Lusorecursos como empresa produtora de compostos de lítio “battery-grade” de classe mundial. A Lusorecursos está ciente que o fortalecimento da sua estratégia de negócio assenta numa equipa de I&D forte e capacitada para assim assegurar um projeto estrutural e dar continuidade à transição energética europeia e mundial.

São vários os métodos de investigação no reconhecimento de materiais geológicos que seguem normas e códigos de conduta específicos e exemplo disso é a descrição de testemunhos ou carotes de sondagem e a sua subsequente amostragem, armazenamento e envio para análise química em laboratórios certificados. Por exemplo, a caracterização dos testemunhos mais ajustada à realidade futura está prevista no Eurocódigo 7 – BS5930 ("Engineering description of Soil and Rock"). Seguidamente à descrição sistemática dos furos de sondagem, a análise química dos mesmos deve ser realizada considerando as melhores práticas de QA/QC ("Quality Assurance"/"Quality Control") para assim se poderem efetuar cálculos geoestatísticos mais robustos dada a segurança da proveniência da informação obtida. Com efeito, procede-se à análise de amostras em duplicado, brancos e de padrões específicos sem dar conhecimento ao laboratório contratado externamente, tornando-se assim possível aferir a reprodutividade dos resultados ou a sua precisão analítica.

As amostras-alvo de futuras análises químicas necessitam também de ser sujeitas a processos de fragmentação, moagem e pulverização antes do seu envio para o(s) laboratório(s) contratado(s). É igualmente relevante a condução de ensaios granulométricos recorrendo a sequências de crivos e agitadores mecânicos para separação de frações de interesse para outros ensaios e testes, como por exemplo o calibre de libertação mineral de diferentes fases minerais, através da observação dos cristais à lupa binocular ou recorrendo a instrumentos mais sofisticados de MLA ("Mineral Liberation Analysis") entre outras análises granulométricas com recurso a equipamentos laser que não estão rotinados em meios académicos Portugueses.

As amostras armazenadas e representativas das enviadas para análise devem ser alvo de tratamento físico a fim de serem confecionadas lâminas delgadas polidas (espessura de 0,03 mm) para assim serem alvo de observações em equipamentos de microscopia petrográfica de luz transmitida e luz refletida para descrição textural, mineralógica e micro-estrutural. Adicionalmente, estas secções de rocha polida podem ser utilizadas na microssonda eletrónica - EPMA ("Electron Probe Microanalysis") para quantificar quimicamente os elementos presentes na rede cristalina dos minerais e assim inferir as suas fórmulas estruturais. Como parece que o processo transformador à escala industrial irá prever a separação magnética de minerais, de igual modo para as atividades de prospeção, é pertinente realizar à escala laboratorial ensaios de separação magnética com recurso ao separador de bancada "*Frantz*". Claro está que de forma transversal aos trabalhos referidos, o laboratório de geologia terá como objetivo a preparação e envio de vários segmentos de amostras para a realização de testes de várias naturezas.

A Lusorecursos tem prevista a aquisição de uma sequência de equipamentos que irão constituir futuramente o laboratório de geologia referido para apoio aos trabalhos no Complexo de Anexos Mineiros e também contratar recursos humanos qualificados aos quais fornecerá formação e treino adequados. Este será equipado com materiais e instrumentos necessários em trabalhos aplicados às ciências geológicas com enfoque no Processamento/Transformação Mineral e também num horizonte mais longínquo na Metalurgia para assim garantir a eficácia de todos os trabalhos de I&D com que a Lusorecursos se defrontará.

7.2. Posto de Controlo e portão de Norte, posto de controlo e portão Sul e portão de controlo

Estas áreas previstas, com cerca de 25 m^2, com 4,5 m de altura e uma volumetria de 98,75 m^3, para verificação e controlo de acesso às zonas de trabalho, seja a área de exploração ou a área do Complexo de Anexos Mineiros. Neste local, far-se-á o controlo e registo de entradas autorizadas de modo a permitir apenas a entrada de pessoas autorizadas para dentro das instalações.

É uma edificação simples que conta com uma sala com aberturas a 180º que permite uma visibilidade otimizada para o segurança estacionado nela. Complementando este espaço principal propôs-se também uma espécie de "back-office" onde se colocaram cacifos para o armazenamento de bens ou equipamento do funcionário e uma instalação sanitária com sanita e lavatório.

8. Instalações de apoio às operações mineiras

8.1. Plataforma Boca da Mina

Esta zona, é uma plataforma que engloba o acesso à mina que inclui oficinas, área pessoal/primeiros socorros, o edifício do grupo de intervenção e serve de apoio aos trabalhos subterrâneos.

8.2. Depósito de minério bruto

Neste local amplo e aberto será armazenado temporariamente o material rochoso resultante da exploração a céu aberto antes de ser encaminhado por correia transportadora para o edifício de britagem. O local terá uma dimensão total de 36 350 m^2, para disposição e empilhamento do material. Dentro dessa área existirá uma torva que permitirá a alimentação da tela transportadora de minério bruto de forma controlada, de modo a condicionar a entrada de minério para o edifício de britagem. Esta área suportará numa fase inicial, o armazenamento de minério enquanto a construção das plataformas se encontra em desenvolvimento.

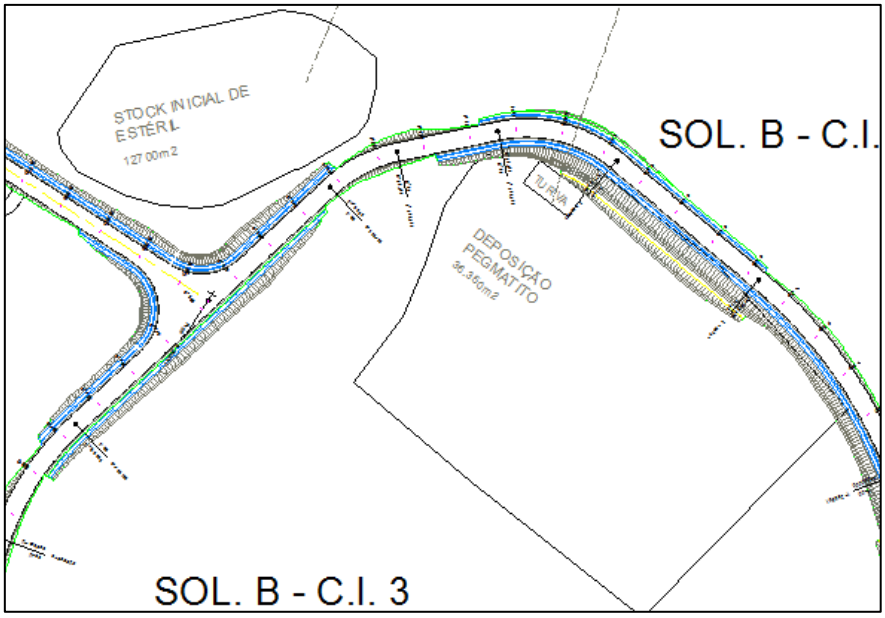


Figura 419 - Layout do depósito de minério bruto

8.3. Torva

A área afeta à designação torva, representa um local de transição para a deposição de minério bruto a ser encaminhado para o edifício de britagem. Neste local será construído um pequeno

talude para acesso da máquina para descarregar o minério dentro da torva, que limitará o aporte de material para a tela transportadora.

As carcaças das torvas de descarga serão construídas à base de chapa de aço carbono de 6 e 8 mm de espessura, devidamente estruturadas. A tampa superior de fecho está prevista com 5 mm espessura. As torvas estarão revestidas, nas zonas de impacto e em zonas de contacto com o material prevê-se que sejam forradas com placas aparafusadas de Material anti desgaste Hardox400 ou similar de 12 mm de espessura

Com o objetivo de permitir um fluxo correto do material nas transferências e evitar entupimentos, as paredes laterais das torvas terão pendentes mínimas de 60º.

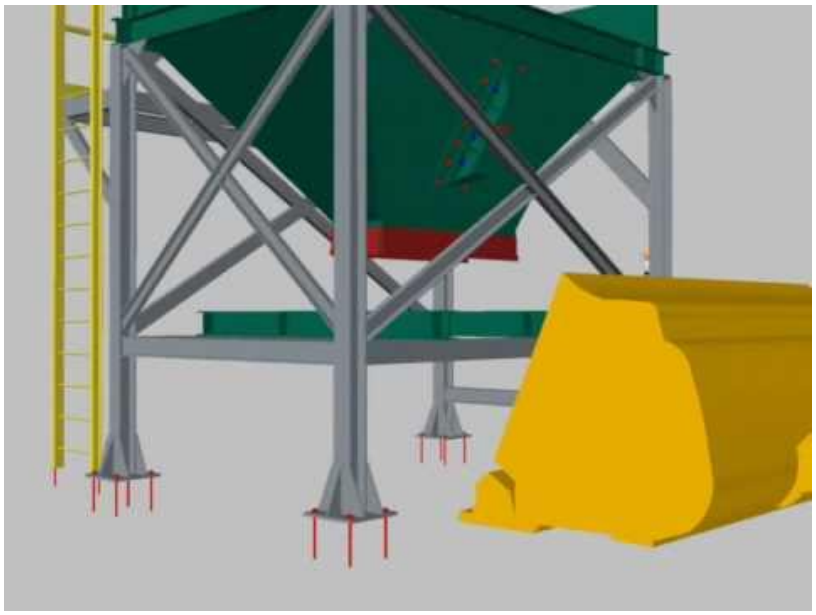


Figura 420 - Exemplo de uma torva para depósito do minério bruto na tela transportadora

8.4. Telas transportadoras

As telas transportadoras a instalar na concessão do "Romano" serão cobertas para evitar quaisquer dispersões de poeiras. As telas contribuirão para a redução da necessidade de transporte via viária.

Equipamento Mecânico:

- Nas esteiras, o abastecimento inicia-se no topo do canalizador e nas placas de base das torres de sustentação da treliça e termina na boca de descarga.

- Nas torres de transferência, o abastecimento termina nas placas de apoio do pilar.

Equipamento elétrico (potência e instrumentação):

- Alimentação: Terminais de alimentação do motor.
- Instrumentação: Para cada transportador, caixa centralizadora para sinalização dos elementos de proteção e segurança.

O design do equipamento estará em conformidade com a última edição dos seguintes códigos e normas, bem como com os padrões de segurança europeus:

Máquinas móveis:

- FEM Seção II, documentos 2131 e 2132 "Regras para o projeto de equipamentos móveis para manuseio contínuo a granel de materiais a granel".
- ISO 5049/1

Transportadores de banda:

- Secção II EHF
- ISO 5048

Bandas elásticas:

- DIN 22.102 (bandas têxteis)

- DIN 22.131 (bandas metálicas)

Equipamento elétrico:

- IEC (International Electrotechnical Commission).

Regulamentos de segurança:

- Diretiva de Máquinas 2006/42 / CE
- Diretiva de Baixa Tensão 2014/35 / UE
- Compatibilidade eletromagnética 2014/30 / UE
- Pintura - Padrões de pintura: ISO 12.944, ISO 8501 e ISO 4628.

Outros padrões de aplicação

- Padrões EN (European Norm)
- Padrões DIN (Deutsche Industrie Normen)

Só será usado o sistema métrico. em todos os casos.

Quadro 93 - Características das telas a instalar

	L1	L2	L3.1
Material	Material diverso da frente de mina	Refugo da primeira britagem	Seleção primeira britagem
Densidade (t/m³)	2,6	2,6	2,6
Granulometria (mm)	0÷200	35÷200	0÷35
Capacidade transporte desenho (t/h)	300	300	300
Largura da banda	650	650	650
Inclinação (°)	30º	30º	30º
Velocidade (m/s)	2,6	2,6	2,6
Distância entre eixos (m)	850	800	220
Desnível (m)	-52,50	81	3,80
Potencia instalada (kW)	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
Tipo de tensão	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
ø tambor motriz (mm)	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
ø tambor retorno/tensor (mm)	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
ø tambor desvio do tensor (mm)	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
ø rodas portantes (mm)	108	108	108
Separação entre estações (m)	1,2	1,2	1,2
ø rodas de retorno lisas	108	108	108
Separação entre estações (m)	3,0	3,0	3,0
ø rodas de carga (mm)	108	108	108
Separação estações de carga (m)	0,3	0,3	0,3
Tipo de banda	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
Cobertura da banda	6+2 anti-abrasiva	6+2 anti-abrasiva	6+2 anti-abrasiva
Tipo de acionamento	Motor gaiola esquilo	Motor gaiola esquilo	Motor gaiola esquilo
Acoplador hidráulico	Não	Não	Não
Antirretorno	Não	Sim	Sim
Observações	Transportador descendente. Acionado com variador de frequencia.	Acionado com variador de frequência.	Acionado com variador de frequência.

Quadro 94 - Características das telas a instalar

	L3.2	L4.1	L4.2
Material	Material diverso da frente de mina	Refugo da primeira britagem	Seleção primeira britagem
Densidade (t/m³)	2,6	1,7	1,7
Granulometria (mm)	0÷35	<106 µm	<106 µm
Capacidade transporte desenho (t/h)	300	300	300
Largura da banda	650	650	650
Inclinação (°)	30º	30º	30º
Velocidade (m/s)	2,6	2,6	2,6
Distância entre eixos (m)	580	1220	1450
Desnível (m)	6,80	55,50	90
Potencia instalada (kW)	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
Tipo de tensão	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
ø tambor motriz (mm)	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
ø tambor retorno/tensor (mm)	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
ø tambor desvio do tensor (mm)	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
ø rodas portantes (mm)	108	108	108
Separação entre estações (m)	1,2	1,2	1,2
ø rodas de retorno lisas	108	108	108
Separação entre estações (m)	3,0	3,0	3,0
ø rodas de carga (mm)	108	108	108
Separação estações de carga (m)	0,3	0,3	0,3
Tipo de banda	Em fase de projeto	Em fase de projeto	Em fase de projeto
Cobertura da banda	6+2 anti-abrasiva	6+2 anti-abrasiva	6+2 anti-abrasiva
Tipo de acionamento	Motor gaiola esquilo	Motor gaiola esquilo	Motor gaiola esquilo
Acoplador hidráulico	Não	Não	Não
Antirretorno	Não	Sim	Sim
Observações	Acionado com variador de frequência.	Acionado com variador de frequência.	Acionado com variador de frequência.

Cabeça motriz:

Consta dos seguintes elementos:

- 1 Bastidor construído á base de PN e chapas de aço S275 JR, soldado e aparafusado, mecanizado nas zonas de fixação dos suportes de rolamento.
- 1 Tambor motriz:

De diâmetro adequado às tensões e largura da banda. Virola construída em chapa de aço S275 JR com revestimento de borracha, dureza 55º - 65º Shore, ranhurado e vulcanizado a quente.

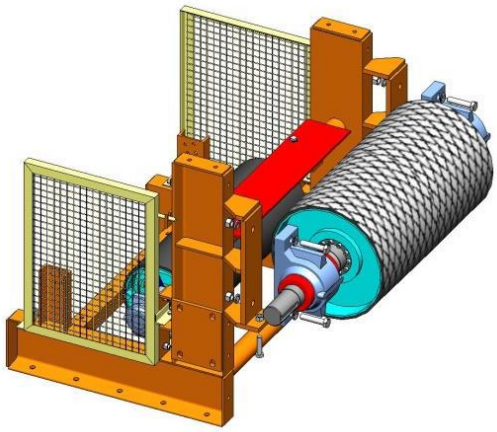


Figura 421 - Exemplo de um tambor motriz

Os cubos laterais são construídos a partir de chapas de aço laminado soldadas. A união dos cubos laterais ao eixo, realiza-se mediante anéis de expansão, tipo Tollok ou similares.

O eixo é construído em F-1140 N, montado sobre suportes de aço, tipo SN, com rolamentos oscilantes de dupla linha de rolamentos à rótula e manga cónica, completamente estanques e com capacidade de lubrificação para 50.000 horas de serviço. Um dos suportes será tipo "fixo" e o outro tipo "deslizante".

Os rolamentos estão dimensionados para uma vida útil de 50.000 horas. O eixo está dimensionado para uma flecha máxima de L/2000. O ângulo de abrasão da banda sobre o tambor motriz é de aprox. 200-210º.

Figura 422 - Exemplo de rolamentos

- 1 Tambor de Tensão onde se justifique, e de diâmetro adequado às tensões de banda, Coberto. Ver tambores auxiliares.

Figura 423 - Exemplo de tambor de tensão

- 1 Raspador primário. Ver Dispositivos de limpeza.
- 1 Rascador secundário. Ver Dispositivos de limpeza.

Grupo de acionamento:

Composto por:

Potencias ≥ a 50 kW

* Redutor de velocidade, de eixos perpendiculares.

A redução consegue-se mediante dois ou três sistemas de engrenagens: Um grupo cónico helicoidal e um dos sistemas cilíndricos helicoidais.

A lubrificação ocorre por imersão e chapisco em banho de óleo conseguindo-se um fecho hermético nos eixos de entrada e saída mediante labirinto e retentores de óleo.

As cintas com inclinação ascendente vão dotadas de mecanismos antirretorno. Este mecanismo vai instalado no próprio redutor (eixo de alta).

* Engate de alta, tipo flexível, disposto entre o motor elétrico e o redutor de velocidade.

* Engate de baixa, tipo flexível, disposto entre o redutor de velocidade e o eixo do tambor motriz.

Potencias ≤ a 45 kW

* Redutor de velocidade, de eixos octogonais com eixo de saída vazado.

Resto das características, similares ao descrito anteriormente.

* Engate de alta, tipo flexível, disposto entre o motor elétrico e o redutor de velocidade.

* Engate de baixa, anel de contração, disposto ao eixo de saída do redutor.

Motor elétrico, tipo jaula de esquilo, com as seguintes características:

- R.p.m.: 1.500
- Forma: B-3
- Proteção: IP-55
- Isolamento: Classe F/B
- Tensão: 400 V, 50 Hz, 3 fases.
- Eficiência: IE2.

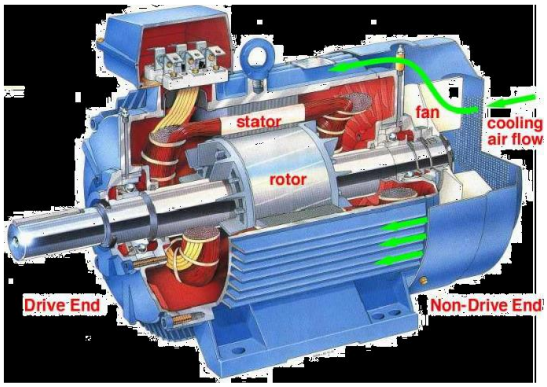


Figura 424 - Exemplo motor elétrico

* Bancada de apoio, do grupo motriz construída à base de perfis normalizados e chapas, dotado de braço de reação. Para potencias ≥ a 45 kW.

* Proteções das partes rotativas à base de chapa 3 mm espessura.

Tambores auxiliares:

Os tambores auxiliares, tal como os de tensão e retorno, tem virola cilíndrica construída em chapa de aço soldada de espessura adequada às tensões e largura da banda.

Todos os tambores que trabalham pelo lado sujo da banda, serão cobertos por uma capa de borracha, dureza 40º - 45º Shore.

Os cubos laterais serão construídos a partir de chapas de aço laminado soldadas. A união dos cubos ao eixo realiza-se por meio de anéis de expansão do tipo Tollok ou similar.

O eixo construído em F-1140 N vai montado sobre suportes exteriores de aço, tipo SN, com rolamentos oscilantes de dupla linha de esfera e manga cónica, completamente estanques e com capacidade de lubrificante para 5.000 horas de serviço.

Os rolamentos estão dimensionados para uma vida útil de 50.000 horas. O eixo está dimensionado para uma flecha máxima de L/2000.

Figura 425 - Exemplo de tambores auxiliares

Estações de rolos:

Generalidades:

Os rolos serão do tipo lubrificados para a vida (sem lubrificação adicional), com rolamentos de bolas calculados para uma vida útil mínima de 25.000 horas.

Os suportes das estações de rolos serão pintados.

Figura 426 - Exemplo de estações de rolos

Rolos portantes **Banda=650 mm**

- Tipo: liso
- Diâmetro (mm): 108
- Comprimento (mm): 250
- Rolamento: 6204
- Ângulo da calha: 30º
- Nº rolos por estação: 3
- Distância entre estações (m): 1,2

Rolos de retorno **Banda=650**

- Tipo: lisos
- Diâmetro (mm): 108
- Comprimento (mm): 750
- Rolamento: 6204
- Nº rolos por estação: 1
- Distância entre estações (m): 3

Rolos de carga **Banda=650**

- Tipo: discos
- Diâmetro (mm): 108
- Comprimento (mm): 250
- Rolamento: 6305
- Nº rolos por estação: 3
- Distância entre estações (m): 0,3

Outras características dos rolos transportadores:

Tanto os rolos de carga, como os inferiores estarão protegidos contra encravamento por proteções de rede. Os rolos superiores estão protegidos por uma cobertura da banda.

Estações de apoio:

Formadas por três rolos iguais colocados em forma de calha de 35º. Os rolos vão montados sobre um suporte construído à base de PN e chapas soldadas com os correspondentes alojamentos para o seu apoio. O suporte é aparafusado nas extremidades às abas superiores

dos perfis do bastidor da cinta. Para corrigir possíveis desalinhamentos o suporte dispõe de furos rasgados.

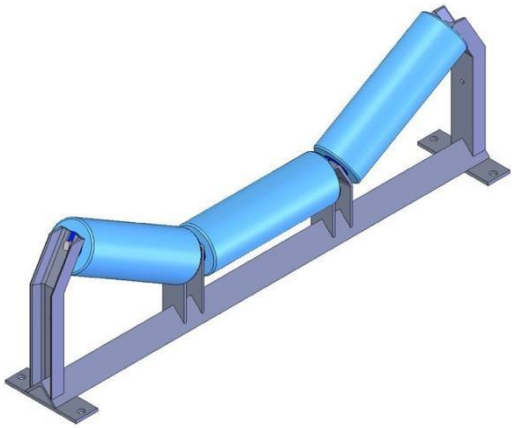


Figura 427 - Exemplo de tambores auxiliares

A saída / entrada da banda nas estações de reenvio e de descarga respetivamente, e a cada 30 m, dispõe de estações de auto-alinhamento.

Estações de rolos inferiores:

Os rolos apoiam nos seus extremos sobre flanges, dotadas das correspondentes chumaceiras. As flanges são soldadas transversalmente ao pé de apoio do bastidor que suporta a correia ou irão alojados em estações independentes para as estações de auto-alinhamento.

Estações de carga:

Formadas por três rolos iguais colocados em forma de calha a 35º.

Entre o tambor de carga e as estações de carga colocar-se-ão estações de rolos portantes superiores de ângulo variável.

Banda:

A seleção da banda far-se-á tendo em conta as condições de operação e de desenho na condição de operação de maior exigência da banda. A seleção da carcaça satisfará a tensão máxima, mínimo de camadas para suportar a carga, máximo número de camadas para el acanalamento da banda descarregada, tamanho dos tambores e outras condições de operação. A espessura de recobrimento será de 6+2 mm para bandas têxteis e 6+6 mm para bandas metálicas. O grau de recobrimento será antiabrasivo W (DIN 22102).

Raspadores de limpeza:

Raspador inferior nos tambores de descarga. Prevemos os seguintes dispositivos para cada ponto de descarga: Raspador frontal (primário) do tipo de lâminas independentes e pressão regulada. Raspador secundário do tipo lâminas independentes. O elemento de raspagem das lamas é material duro de tungsténio ou material equivalente.

Figura 428 - Exemplo de raspadores de limpeza

À entrada da banda para a estação de tensão: um dispositivo de limpeza em "V", consiste num bastidor metálico em forma de "V" ao que se fixa, mediante parafusos, uma chumaceira de borracha a 40-50º Shore. Estes dispositivos conseguem que o material que possa cair sobre o ramal inferior (face limpa) seja expulso antes de que a banda entre em contacto com o tambor.

Guias de carregamento:

Sobre os pontos de carga disporemos de guias laterais: Construídos em chapa de aço S-275 JR, de 5mm de espessura com pés reguláveis ao longo do bastidor. As paredes laterais das guias em contacto com o material serão forradas com placas aparafusadas de material anti desgaste Hardox400 ou similar de 12 mm de espessura. Está previsto na parte inferior (mais próxima da banda) a instalação de umas faixas de borracha antiabrasiva facilmente substituíveis mediante um sistema de cunhas (sem parafusos).

Figura 429 - Exemplo de guias de carregamento

Ao longo de cada guia de encaminhamento determina a disposição e a forma de carga. O comprimento normal da guia é de 3 a 4 m. Para evitar a queda de produto sobre o ramal inferior da banda estão dispostas ao longo dos pontos de carga e entre os dois ramais, bandejas aparafusadas aos trilhos do bastidor, e construídas em chapa de aço carbono de 2 a 3 mm de espessura.

Carcaça e torvas de transferência:

As carcaças das torvas de descarga serão construídas à base de chapa de aço carbono de 6 e 8 mm de espessura, devidamente estruturadas. A tampa superior de fecho está prevista com 5 mm espessura. As torvas estão revestidas, nas zonas de impacto e em zonas de contacto com o material prevê- se que sejam forradas com placas aparafusadas de Material anti desgaste Hardox400 ou similar de 12 mm de espessura. Com o objetivo de permitir um fluxo correto do material nas transferências e evitar entupimentos, as paredes laterais das torvas terão pendentes mínimas de 60º.

Bastidor com apoios ao solo:

Como solução standard os transportadores serão montados sobre bastidor corrido com apoios ao solo e que constam de:

Longarinas em perfil PNU aparafusadas aos pés de apoio. As estações de rolos de suporte são aparafusadas a essas vigas.

Pés de apoio, construídos por 2 perfis PNU verticais apoiadas por um tubo horizontal soldado sobre o qual apoiam os rolos inferiores.

O apoio ou fixação dos ditos pés realiza-se através de uma placa base do aço laminado soldado.

Estação de retorno:

Consta dos seguintes elementos:

1 Bastidor construído em PN e chapa de aço, soldada.

1 Tambor de reenvio de diâmetro adequado às tensões da banda, liso, de características indicadas no ponto “Tambores auxiliares”

1 Dispositivo de limpeza em V.

1 Proteção em rede.

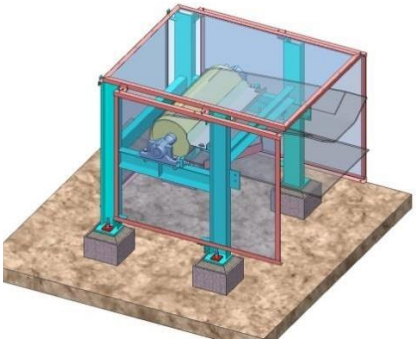


Figura 430 - Exemplo de estação de retorno

Estação de tensão por contrapeso vertical:

Dispostas em cintas de comprimento superior a 45 – 50 m aprox., ou inferior medida que por tensões de banda o aconselhem. O percurso de tensão será como mínimo de 2% do comprimento total do transportador.

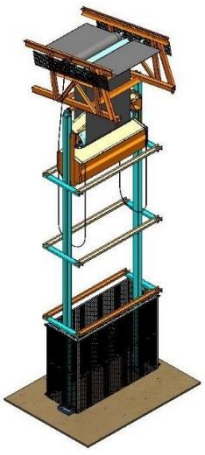


Figura 431 - Exemplo de estação de tensão por contrapeso vertical

As características dos tambores de tensão e desvio são as indicadas no ponto "Tambores auxiliares". O tambor tensor e a caixa de contrapeso disporão de guias que se deslocarão

verticalmente ao longo da estrutura de guia. Na parte inferior existirão proteções de rede formando um conjunto fechado de 2 m de altura. Para o acesso à manutenção do tambor tensor existirá uma escada vertical. O lastro do contrapeso está previsto em blocos de betão (não incluídos). Para evitar a queda de produto sobre o ramal inferior da banda estão dispostas ao longo de ambos os lados do esticador e entre os dois ramais, bandejas amovíveis ao longo do bastidor e construídas em chapa de aço carbono de 2 ou 3 mm de espessura.

Estação de tensão por contrapeso lateral:

A estação de tensão mediante contrapeso lateral consta basicamente dos seguintes elementos: Um bastidor horizontal construído à base de PN e chapas de aço soldados e aparafusados sobre o qual se montam as guias para o deslocamento do carro tensor. Um carro de tensão construído à base de PN e chapas de aço. Este carro vai montado sobre quatro rodas sobre as quais se desloca. Um tambor tensor de diâmetro adequado que vai montado sobre o carro e cujas características são similares às dos restantes tambores auxiliares.

O deslocamento do carro tensor ocorre por ação do contrapeso situado num castelo lateral ao transportador e ligados entre si, mediante um conjunto de polias e um cabo, conseguindo-se deste modo uma tensão constante sobre a banda.

Todo o conjunto de guias do contrapeso assim como os laterais das guias horizontais do carro tensor são protegidos mediante painéis de rede.

Cobertura do transportador de banda:

Para eliminar a contaminação por pó durante todo o percurso dos transportadores serão instalados sobre o ramal portante da banda, módulos de cobertura à base de chapa ondulada galvanizada e pré-lacada, de 0,63 mm de espessura, formando arco sobre a banda, tipo Capotex® ou similar. Cada módulo será basculante para um dos lados, para operações de controlo e manutenção. Para completar a cobertura e garantir total estanquidade, existirão igualmente painéis de vedação inferior nas laterais.

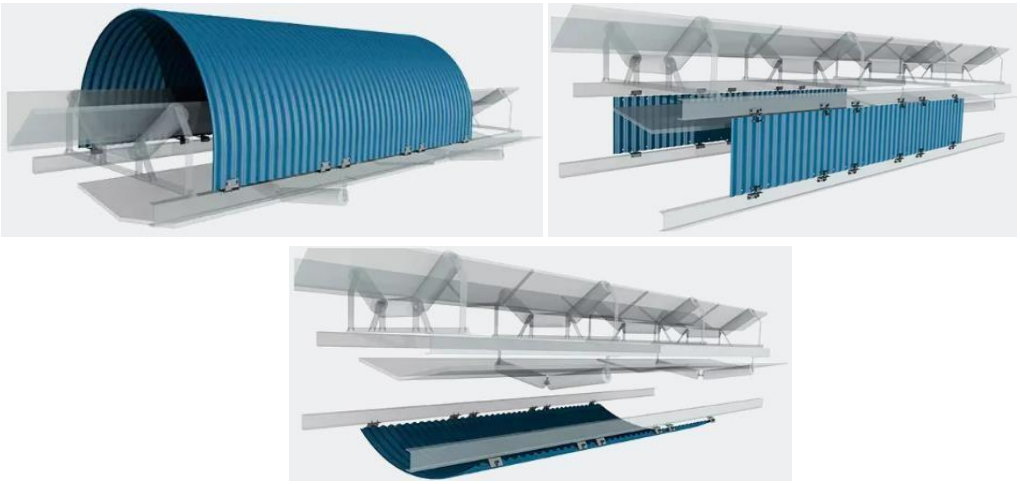


Figura 432 - Exemplo de cobertura das telas transportadoras

Estrutura elevada em treliça com passadiço:

Para os transportadores de banda que percorrem a sua totalidade ou parte do seu comprimento numa disposição elevada está prevista a instalação de treliças para a sua sustentação, apoiadas em torres metálicas distanciadas 21 m aproximadamente, quando as condições do terreno o permitam. Estas treliças terão uma altura mínima para passagem de caminhos ou estradas de 4,5 m, no resto do traçado as irão adaptar-se à altura das árvores, de modo a não sobre passar a sua altura. Construída em perfil PNU para o montante superior e PNL para o inferior e travamentos. A execução é totalmente soldada. Leva incorporado um passeio lateral de 800 mm e largura. O piso é em rede metálica galvanizada. Os passeios são equipados com rodapé e varandim de proteção. Sobre a parte superior das treliças são fixadas as estações superiores.

TORRES DE TRANSFERÊNCIA:

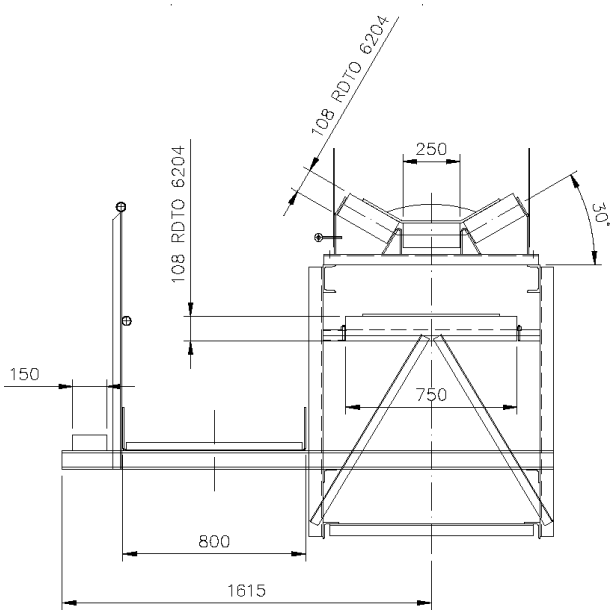


Figura 433 - Exemplo de torres de transferência

Construídas em chapas e perfis estruturais em aço carbono, soldados e aparafusados, formando um conjunto sólido dimensionado, para acomodar no seu interior, os elementos que a instalação exija. Os pisos das plataformas serão executados em chapa antiderrapante de 6/8 mm. As diferentes plataformas da torre, ligam-se entre si ou desde o chão, através de escadas de degraus com corrimão e guarda-corpos. Uma viga monocarril acoplada na parte superior da torre, permite a montagem de um guindaste na zona de acionamento para a manutenção do mesmo.

A cobertura e cerramento lateral estão formadas em chapa de aço galvanizada pré lacada de espessura 0,6mm com cerca de 20% de material translucido. O fechamento lateral será instalado até ao último nível em que se encontrem alojados equipamentos. Todos os locais disporão de portas para acesso de pessoal e materiais com dimensões adequadas.

Quadro 95 - Características das telas a instalar

Torre de transferência	Base dimensões (m)	Altura (m)	Nº de pisos (sem contar nível do solo)	Altura devedação	Guindaste
TT-1	Em fase de projeto	8,50	1	Até ao nível do solo	Só o carril
TT-2	Em fase de projeto	8,50	1	Até ao nível do solo	Só o carril

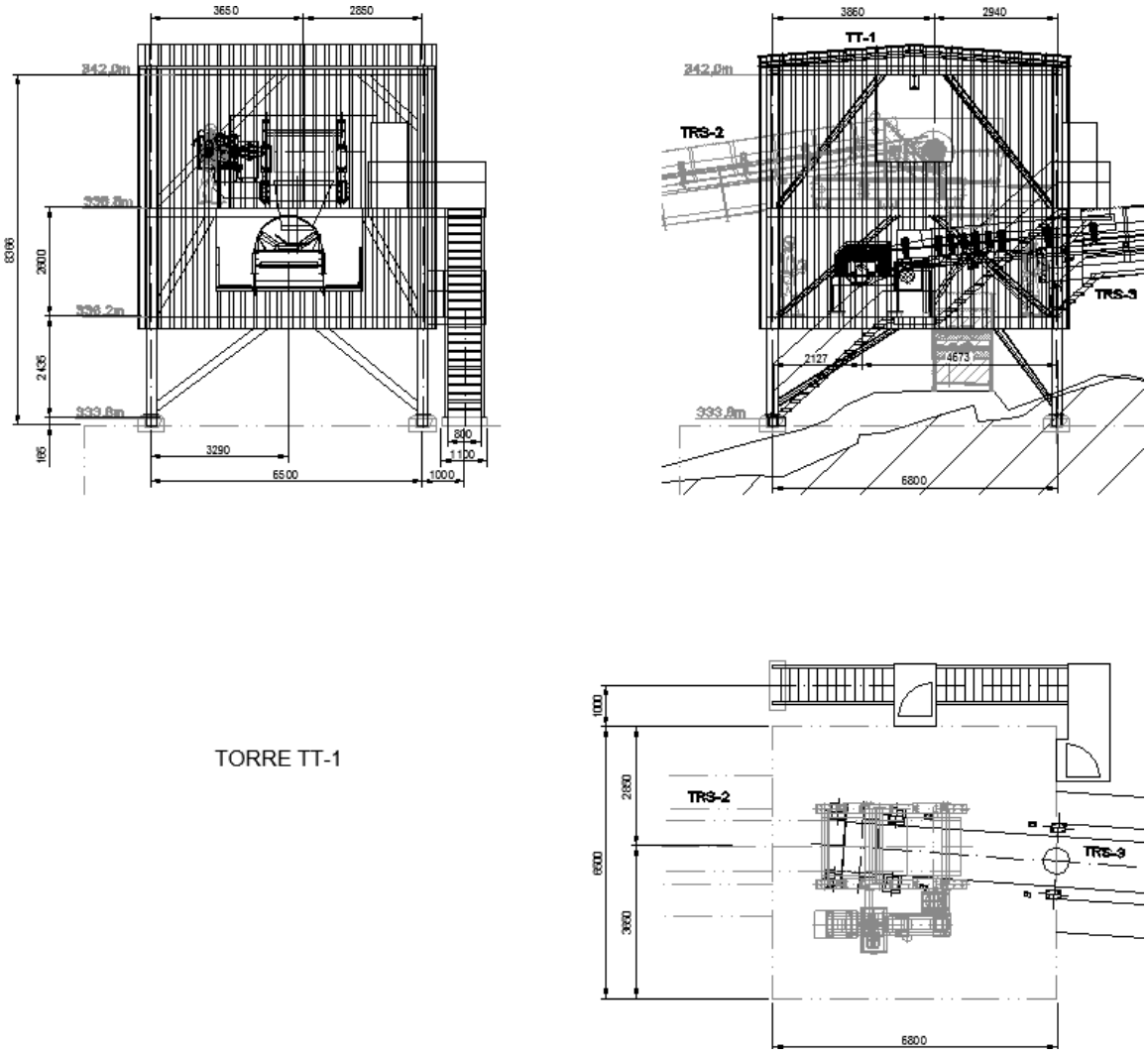


Figura 434 - Exemplo de uma torre de transferência totalmente vedada

EDIFÍCIO PARA CARGA DE CAMIÕES:

Devido às particulares características de granulometria da última britagem, pó <106 µm, este produto não pode ser descarregado por queda livre sobre uma pilha cónica na zona de descarga sem que se produza uma grande quantidade de pó.

Para evitar este problema, o desenho proposto é descarregar o produto da britagem através da boca de descarga do transportador L4.2, num silo metálico de 45 m³ de capacidade. Este silo está equipado com um sistema de captação de poeiras que evita sobrepressões na fase de carregamento.

O cone inferior do silo será protegido na parte interior com material anti desgaste, mas que garanta uma boa fluidez do produto. O esvaziamento deste silo realiza-se através de duplo fecho de guilhotina (manual e automático) e de uma boca telescópica que descarrega sobre camiões.

O enchimento da caixa do camião realiza-se dirigindo o motorista do camião mediante sinais luminosos para o estacionamento e avanço do camião. Esta sinalização é gerida por células fotoelétricas ou fins de curso e por sondas de nível.

O perímetro inferior do silo que o camião ocupa na fase de carga está protegido por um edifício fechado com entrada e saída dotadas de vedação por cortinas de lâminas. As dimensões do edifício serão definidas em sede de projeto.

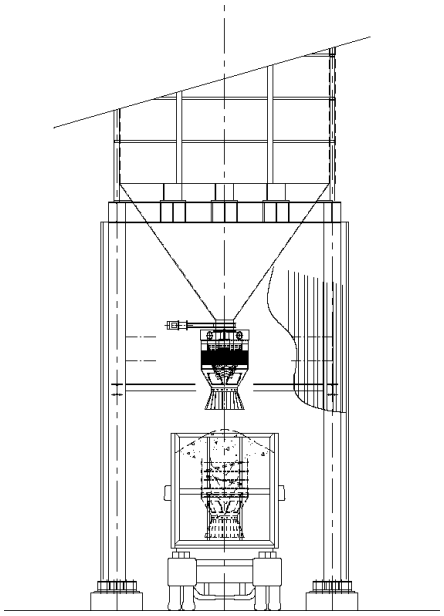


Figura 435 - Exemplo de um edifício de carga de camiões

SISTEMAS DE CONTENÇÃO DE POEIRAS:

Para eliminar a contaminação por poeiras produzidas nas transferências entre transportadores, e em menor medida ao longo dos transportadores, prevêem-se as seguintes medidas; Fechamento (superior, inferior e lateral) dos transportadores em todo o seu comprimento.

Fechamento das torres de transferência até ao nível onde haja equipamentos instalados. Instalação de equipamentos de supressão de poeiras nas descargas dos transportadores. Estes equipamentos são formados por filtros de tipo embutidos, de mangas ou de cartuchos, que aspiram e filtram o ar das zonas em que estão situados.

Cada filtro inclui um sistema de limpeza de mangas por injeção de ar comprimido, formado por um compressor com depósito de ar e pela respetiva rede de distribuição de ar.

Figura 436 - Exemplo de um compressor

EQUIPAMENTO ELÉTRICO:

Para todas as cintas transportadoras estão previstos os seguintes elementos de segurança: Interruptores de emergência acionados por cabo esticador. Situados ao longo dos transportadores e por ambos os lados (caso necessário), e a uma distância máxima entre eles de 50 m, com acionamento por ambos os lados do interruptor.

O cabo de acionamento, será de aço galvanizado revestido a PVC de cor vermelha. Este cabo apoiar-se-á sobre suportes instalados cada 4 m com o objetivo de compensar a flecha devida

ao peso do cabo, serão ainda instalados em ambos os extremos molas com dispositivos de tensão.

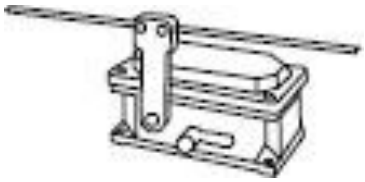


Figura 437 - Exemplo de cabo de acionamento

Estes interruptores ao ser acionados, ficam encravados mecanicamente, sendo necessário para a sua reposição atuar sobre uma plataforma de desencravamento no próprio local. No seu interior leva dois micro-interruptores, cada um deles consta de um contacto aberto e outro fechado. A carcaça está construída em fundição de alumínio com um grau de proteção IP-55.

Detetores de desvio de banda:

Instalados nos transportadores à entrada da banda nos tambores de cabeça e de cauda (2 à cabeça e 2 na cauda) situados em ambos os lados da cinta.

Figura 438 - Exemplo de um detetor de desvio de banda

Constam de uma carcaça de fundição de ferro com um grau de proteção IP-55, e cujo interior aloja dois micro-interruptores, cada um composto por um contacto aberto e outro fechado. A banda atua sobre uma alavanca de roletes com rolamentos de esferas permitindo movimentos de 90 °.

Controlo de velocidade:

De tipo indutivo, são montados sobre tambores não motorizados (cauda), controlam o deslizamento ou rotura da banda. Constam, essencialmente, de um detetor de proximidade de

tipo indutivo e de um controlador de intervalo entre impulso, que atuam sobre um relé ao passar um limite de baixa velocidade pré-selecionado e ajustável no referido controlador.

Figura 439 - Exemplo de detetores de tipo indutivo para controlo de deslizamento

Os impulsos geram-se ao dispor um elemento detetor em frente a um pequeno troço de metal adossado ao tambor, de forma que cada vez que passe em frente a este se induza um impulso.

O detetor vai alojado numa carcaça metálica, cilíndrica e roscada ao longo de todo o seu comprimento. Grau de proteção IP-55.

Para a sua ligação, o sensor dispõe de um cabo bipolar de PVC de 2 metros de comprimento.

Detetor de atascamentos:

Instalados nas torvas de transferência, de tipo capacitivo, constarão essencialmente de uma unidade amplificadora, uma sonda de ferro com um cabo de suspensão de aço recoberto de PVC e uma cabeça de sonda contendo a unidade pré-amplificadora numa caixa de proteção IP-55. O sistema mede a capacidade entre a sonda e as paredes da torva de transferência da cinta onde está instalada, ao produzir-se uma continuidade entre ambos os elementos devido à presença de material, produz-se uma variação de capacidade que é valorizada e ampliada na unidade amplificadora que aciona um relé situado na mesma unidade, fazendo bascular um contato comutado.

Finais de curso:

Serão instalados para detetar posições precisas ou extremas nos movimentos de elementos móveis, tais como deslocamento de contrapesos nas cintas:

Os finais de curso são do tipo de alavanca de roldana com volta a zero para deteção de posições extremas e de segurança ou de tipo magnético.

Os interruptores são metálicos, com proteção IP-55, que são aptos para ser utilizados em caso de riscos de choques mecânicos importantes ou grande quantidade de poeiras no ambiente de trabalho.

Sirenes de aviso:

Serão instaladas sirenes para a sinalização avisar do iminente arranque dos transportadores (de tipo sonoro ou visual). Serão situadas à cabeça dos transportadores por banda. São de construção estanque, grau de proteção IP-55.

Botão de comando local:

Serão instalados botões de comando local junto a cada um dos grupos motrizes e equipamentos principais da instalação. Estas botoneiras serão compostas por dois pulsadores de arranque e paragem e um seletor de três posições, para comando local, comando à distância e desativação. Também terão um botão de paragem de emergência E-stop.

Quando se selecione o comando local poderá acionar-se o transportador correspondente, independentemente do resto da instalação.

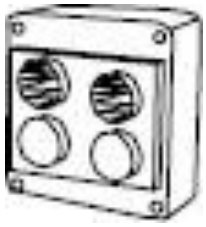


Figura 440 - Exemplo de botão de comando local

PINTURA:

As partes estruturais dos equipamentos, serão submetidas aos seguintes tratamentos que cumprem com a categoria de corrosividade media C4 Alto (UNE-EN ISO12944-2), adequado para zonas industriais com moderada poluição:

Preparação das superfícies: Limpeza em fábrica com jato de areia, grau SA 2 ½ UNE-EN ISO 8501-1.

Impregnação: Aplicação de uma capa de epoxi rica em zinco UNE48277, espessura mínima de 75 µm película seca.

Acabamento: Aplicação de 2 demãos de 45-50 µm, cada uma, de Pintura de poliuretano alifático de alto conteúdo em sólidos, UNE 48294, em colores ligeiramente distintas entre si. As cores, serão consensuais com a paisagem para integrar o mais possível os equipamentos com a envolvente natural e diminuir assim o impacto visual.

Espessura eficaz sobre arestas, 165 µm

Espessura mínima, no ponto mais desfavorável, 130 µm

Superfícies interiores: As superfícies interiores das tolvas e bocas não receberão tratamento de pintura.

Superfícies mecanizadas: As superfícies mecanizadas, serão protegidas até à sua montagem, mediante a aplicação de um banho de verniz protetor.

Equipamentos standard: Os equipamentos standard (motores, acoplamentos, etc.) serão fornecidos com a pintura habitual do fabricante.

SERVIÇOS DE MONTAGEM E ARRAQUE DE EQUIPAMENTOS:

Inclui-se:

- A montagem mecânica, elétrica e o arranque dos equipamentos, em vazio e em carga;
- Diretor facultativo responsável pelos trabalhos e de segurança;
- Meios humanos e materiais necessários para tal.

8.5. Depósito temporário de estéril

O depósito temporário de estéril será o local de armazenamento temporário de estéreis que foram retirados dos processos a jusante com o auxílio do separador ótico. Após o armazenamento inicial nesta área, estes terão como destino a área de deposição na escombreira de estéreis situada mais a sul. Este local terá uma área de cerca de 12 700 m^2, para suportar material durante períodos suficientes, planeando assim, a deslocação temporária de máquinas necessárias para realizar o transporte deste material para a escombreira a sul.

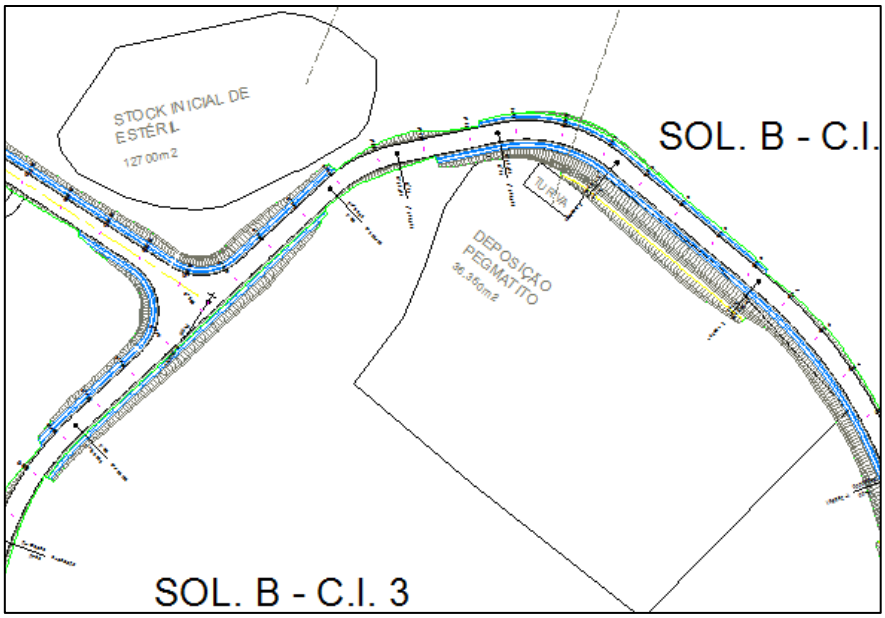


Figura 441 - Layout do depósito temporário de estéril

O transporte deste material será de forma eficiente, nos momentos em que o dumpers transportam para o depósito de minério bruto, carregar-se-ão quando necessário os mesmos, fazendo o transporte deste material para a escombreira.

8.6. Central de backfill

Serão necessárias duas plantas de "backfill" para a Mina Romano - uma para a produção de Paste fill e outra para a produção de polpa de CRF.

Central de Paste fill: Um exemplo de planta comercialmente disponível é apresentado na Figura abaixo. O núcleo da central é um misturador descontínuo que combina os rejeitados, aglutinante e água que compõe o "backfill".

Os rejeitados são entregues no local da central de "backfill" invertendo o transportador de minério da mina a céu aberto ou usando um sistema de transporte dedicado (em principio por tela transportadora). Os rejeitados são transferidos para um segundo transportador que move o material para uma pilha de armazenagem coberta, onde o material pode ser armazenado para garantir a continuidade do backfill.

O aglutinante é armazenado em silos, conforme mostrado na Figura abaixo. O volume correto de cimento é medido através das brocas e depositado no misturador, onde rejeitados, aglutinante e água são combinados para formar uma pasta com a consistência correta.

A planta de pasta é uma instalação autônoma, mas equipamentos como os silos de aglutinante podem ser compartilhados com a planta da Fibrecrete para minimizar a duplicação de equipamentos. Além do equipamento mostrado na Figura 4 12, a pegada da planta é ditada por itens como:

- Um depósito coberto para os rejeitados filtrados;
- Rampas para acessar os funis de alimentação;
- Uma sala de controlo, armazenamento e laboratório de QA/QC
- Uma subestação e MCC;
- Sumps e drenagem;
- Instalações de bem-estar;
- Estradas de acesso para entrega de cimento;
- Transportadores e alimentadores conforme necessário.

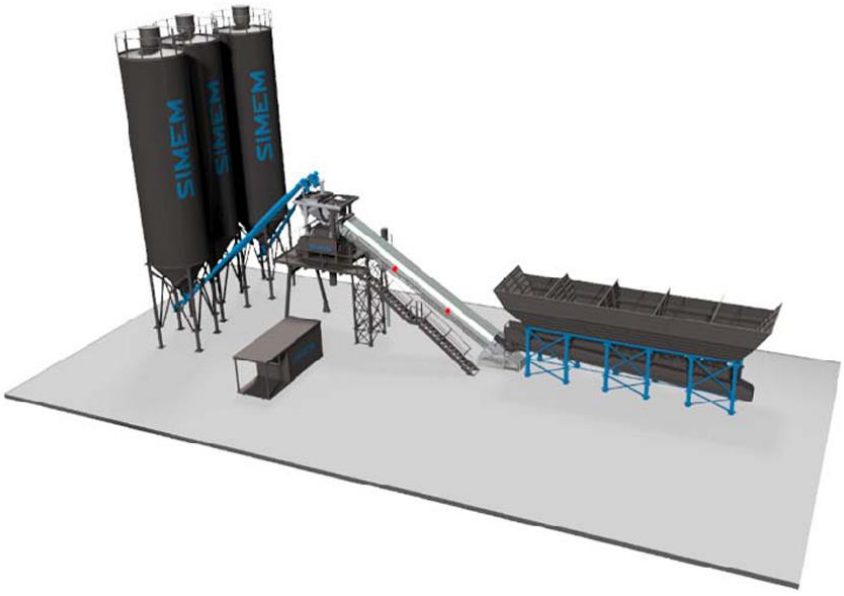


Figura 442 - Exemplo de uma Central de Backfill

Central de CRF: um projeto semelhante ao da central de paste fill, mas em vez de descarregar em um poço, os produtos serão encaminahdos para um “Transmixer” ou serão pulverizados na parte traseira de um dumper carregado com rocha estéril para a produção de CRF. A descrição do processo CRF é resumida da seguinte forma:

- Os caminhões da mina voltam à superfície e despejam o minério na plataforma ROM;
- O dumper da mina desloca-se à escombreira de estéril a céu aberto e é carregado com a rocha para utilizar na mina. Supondo que um minerador de superfície seja usado, os

requisitos de britagem e peneiramento são provavelmente mínimos (mas devem ser investigados durante o processo de dimensionamento);

- O dumper carregado direciona-se para a central de CRF, tal como acontece com a planta de paste fill, a planta de CRF será estabelecida de tal forma que a pasta para baixo, no dumper;
- O aglutinante e a água são combinados no misturador para formar uma pasta de argamassa;
- A pasta é descarregada em um funil de armazenamento;
- A torva de armazenamento alimenta uma barra de pulverização, de preferência adjacente ao portal da mina;
- O dumper de rocha carregado passa sob a barra de pulverização e uma dose medida de pasta é descarregada;
- O dumper transporta o CRF até à bancada subterrânea, onde o material é colocado a partir do acesso superior do talude. O dumper será um dumper com ejetor com uma caçamba basculante;
- O cimento será misturado no mesmo misturador, onde o aglutinante, a água, a fibra e o agregado são combinados. Tal como acontece com a CRF, a mistura de cimentos será despejada em uma torva de armazenamento, pronta para carregar o dumper;
- Além da central, deverá haver espaço para o armazenamento de agregado utilizado para o cimento, uma área de descarga dedicada para os agitadores, áreas de depósito para o equipamento do cimento e uma oficina para manutenções e reparações.

A Figura seguinte apresenta um layout de superfície de um projeto semelhante. O layout inclui um conjunto de vias de acesso projetadas para permitir uma única direção do fluxo de tráfego e espaço para os equipamentos manobrarem livremente. Estima-se dimensões de 230 x 140 m (32 200 m^2), embora pareça haver espaço extra para armazenamento.

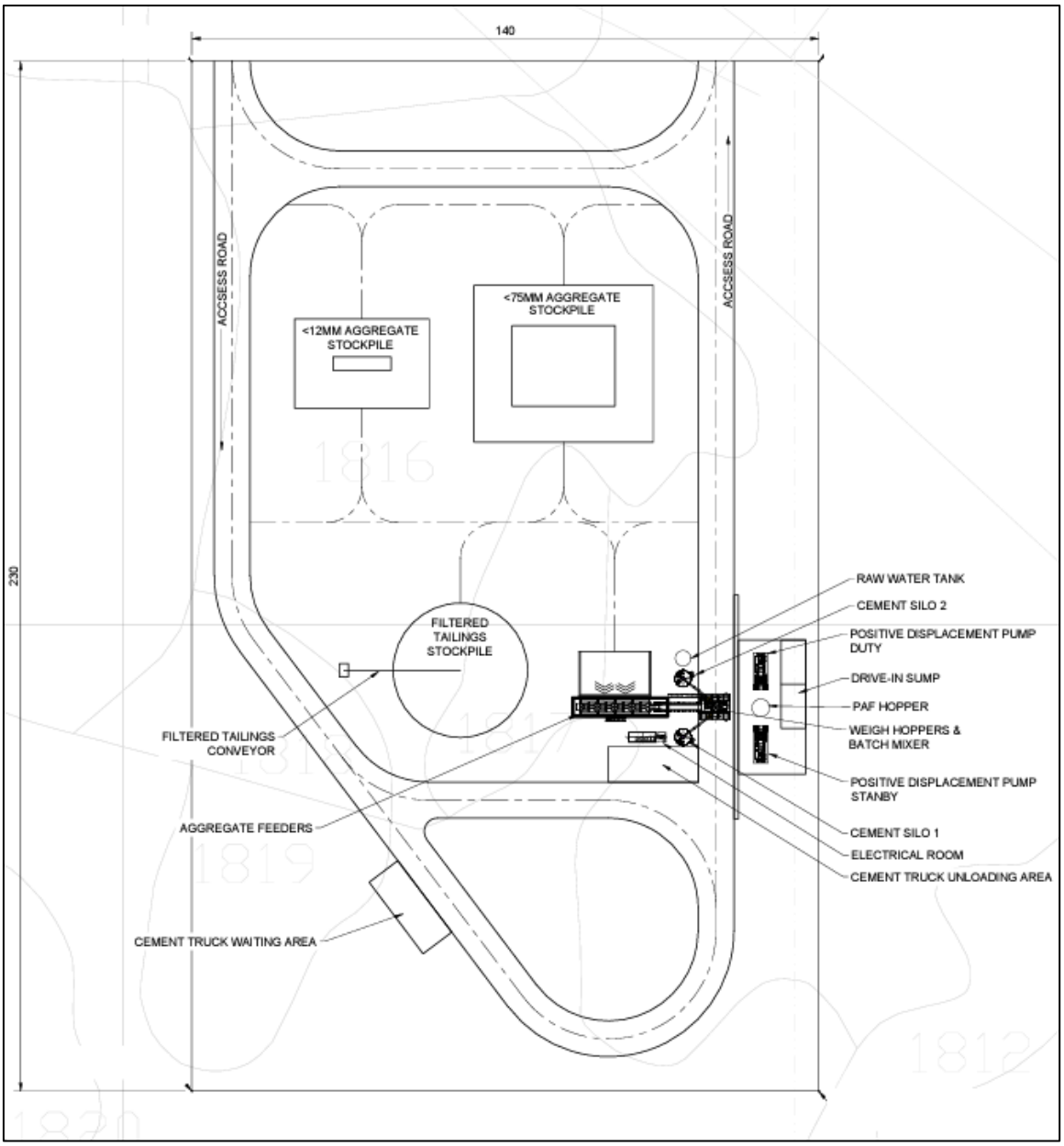


Figura 443 - Layout exemplificativo de outro projeto de Central de Backfill

8.7. Vias de acesso

As vias de acesso, serão sempre que possível melhoradas as existentes. Essencialmente as vias, serão de 7,00m de largura incluindo viaduto da zona do CAM e na zona de exploração serão de 10,00m de largura. A serem executadas em betuminoso, poderão ser efetuadas da seguinte forma:

Estando os cálculos dos volumes de terras conhecidos através dos perfis longitudinais e transversais constatando-se então as previsões de que os trabalhos serão executados praticamente em aterro, resta-nos desenvolver as condições em que o mesmo deverá ser executado. Assim o primeiro passo deverá ser no sentido de garantir que o terreno natural que servirá de fundação ao aterro fique isento de matéria vegetal e posteriormente dar início ao movimento de terras necessário com vista a garantir as cotas de aterro previstas em projeto. Os solos a utilizar no aterro deverão ter no mínimo as seguintes características: CBR <= 4%, baridade máxima =>1,60 gr/cm³ e matéria orgânica <= 2%.

A espessura das camadas a compactar deverá oscilar entre os 20 e 25 cm, a compactação deverá atingir 100% da baridade obtida no ensaio Proctor Normal e as restantes como mostra a figura seguinte:

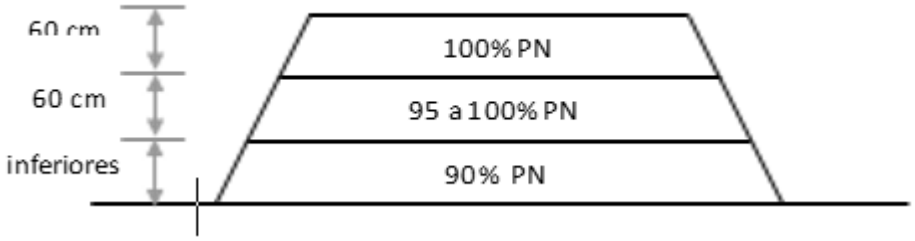


Figura 444 - Exemplo compactação

No entanto deverá ser observado a especificação do LNEC E292-1971, que fixa o modo de executar as terraplanagens, incluindo a camada superior de solo, que serve de leito ao pavimento. Para a execução da base do revestimento será utilizado macadame hidráulico "Tout-Venant", com brita de 0,08 de dimensão máxima que depois do recalque deverá garantir uma espessura de 20 cm, na área do arruamento, passeios e faixas de estacionamento. A compactação deverá ser executada por meios mecânicos e serão utilizados os cilindros próprios e necessários de forma a obter-se os resultados pretendidos. O perfil do arruamento deverá ser executado conforme o projeto. Os declives transversais serão de 2% e os materiais a utilizar no revestimento da faixa de rodagem será betão betuminoso."

Rede Viária Principal:

- 4 Caminhos Internos (não pavimentados) Extensão total - 8 350 m
- 3 Vias de Acesso (pavimentadas) Extensão total - 4 150 m

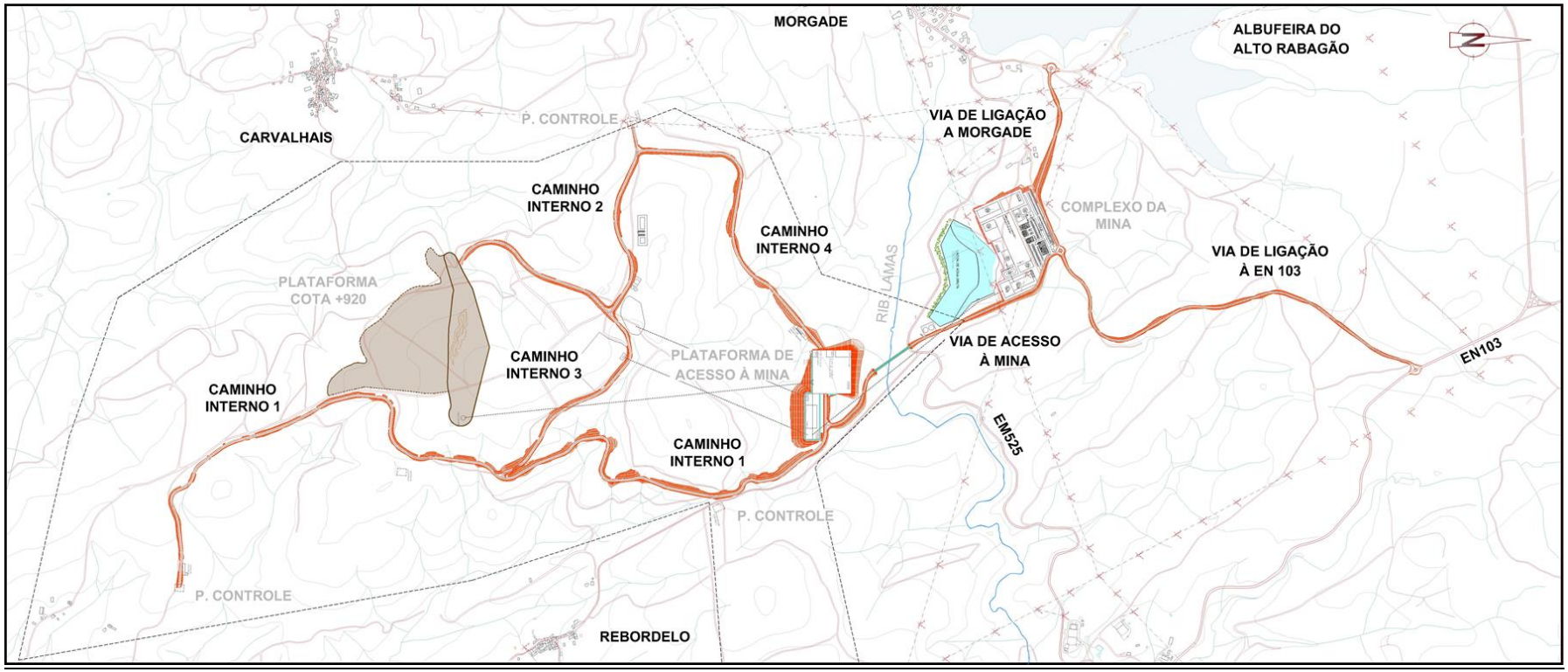


Figura 445 - Planta Geral da Solução A

Rede Viária Principal:

- 6 Caminhos Internos (não pavimentados) Extensão total - 8 644 m
- 3 Vias de Acesso (pavimentadas) - Extensão total – 3 680 m

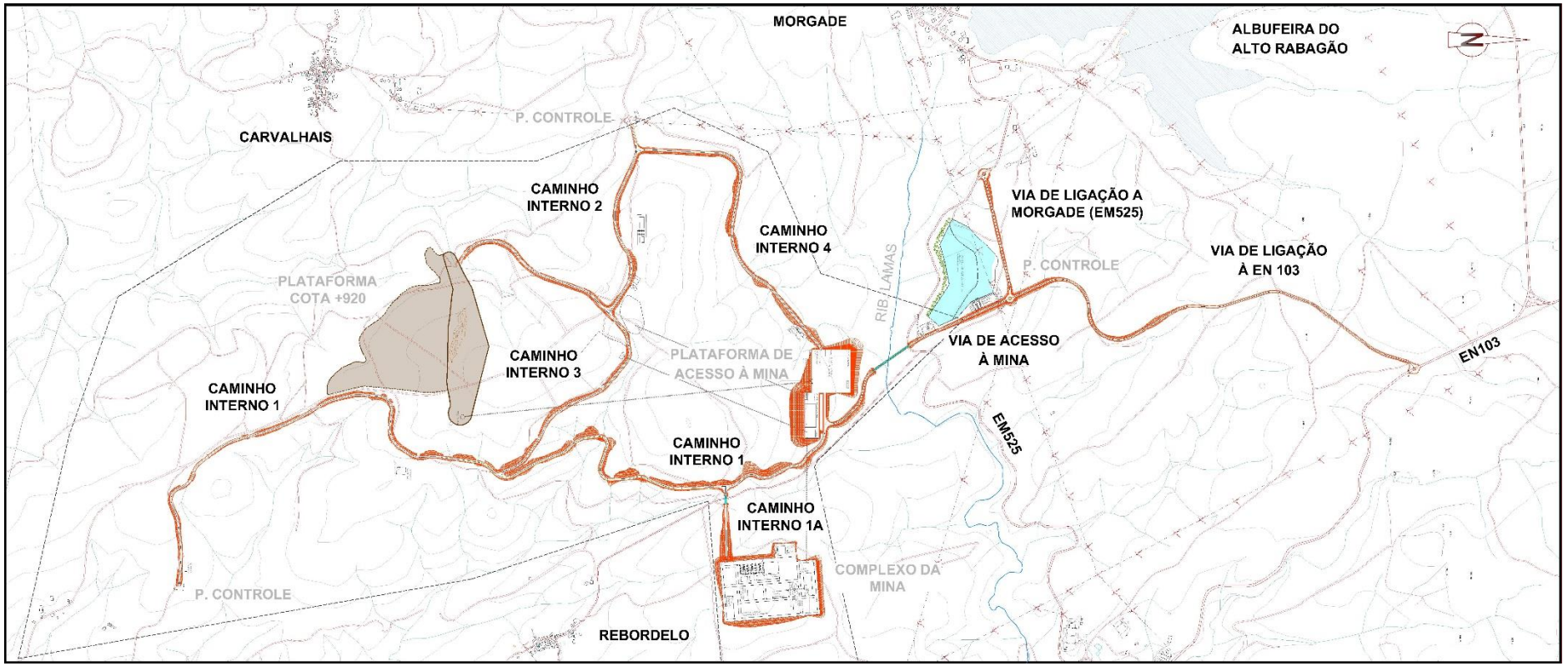


Figura 446 - Planta Geral da Solução B

8.8. Viaduto

Ligação que permite o tráfego de viaturas e trabalhadores entre a área de exploração e o Complexo de Anexos Mineiros, necessária para ultrapassar o ribeiro e a cortina ripícola com o objetivo da não interferência dos trabalhos com os ecossistemas locais. Através do viaduto sobre o Ribeiro das Lamas, procurar-se-á, diminuir os impactes ambientais, no qual o projeto do viaduto será apresentado em projeto de execução, nomeadamente o tipo de perfis transversais no apoio.

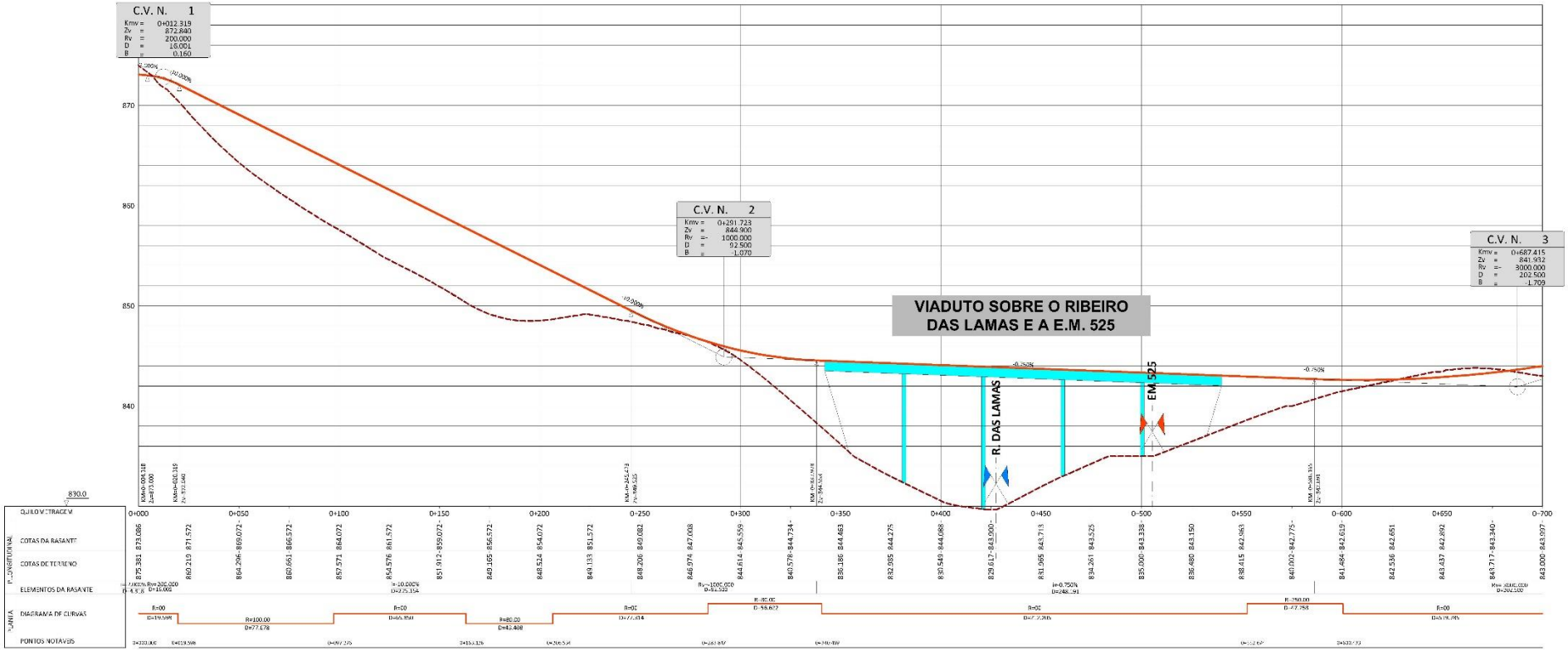


Figura 447 - Via de Acesso ao CAM

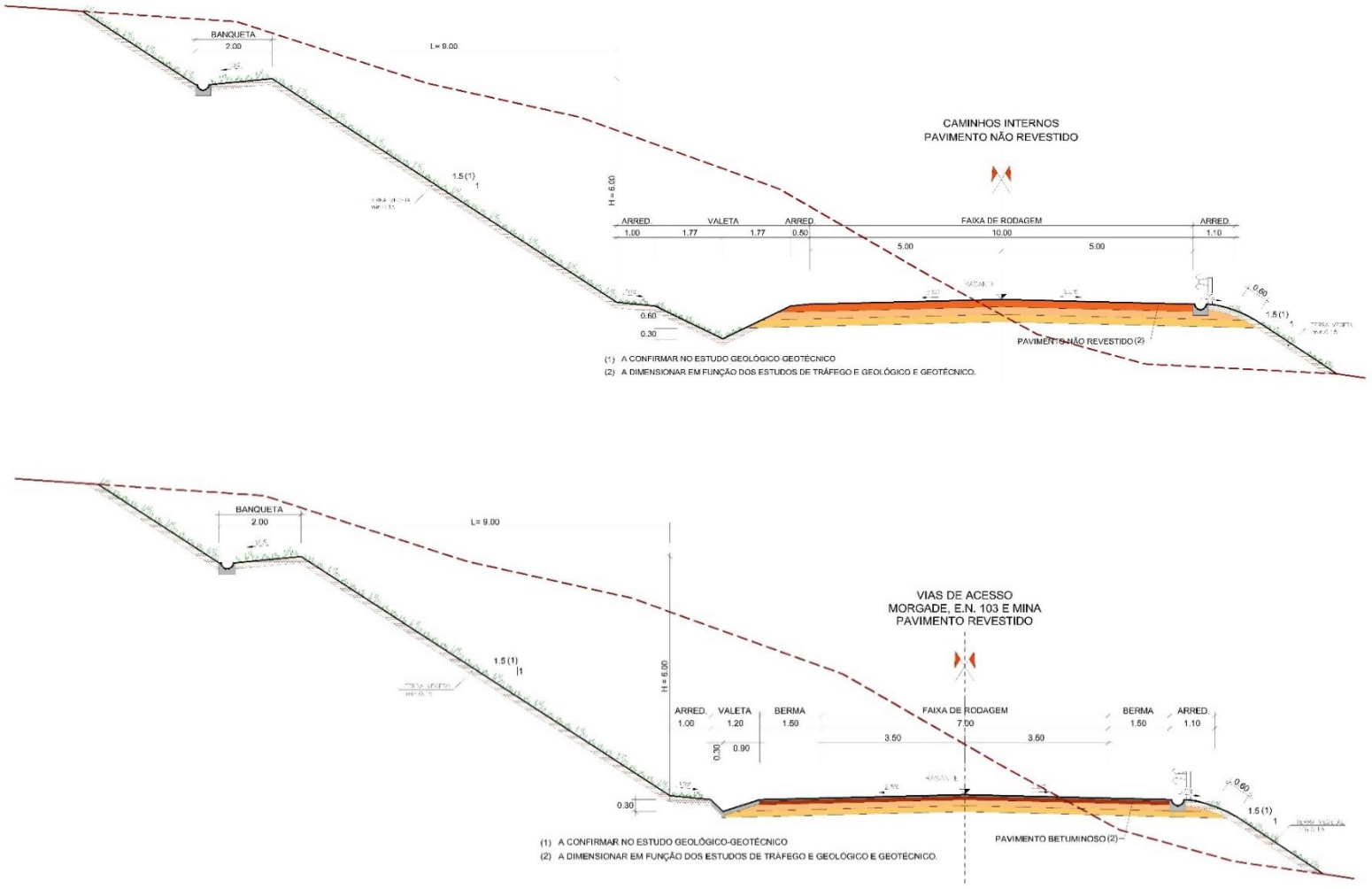


Figura 448 - Perfis Transversais Tipo e Pormenores

8.9. Escombreira de estéreis

Esta áreas escolhidas, representam alternativas ao projeto, e terão cerca de 606 000 m^2 para a escombreira da solução 1 e 511 000 m^2 para a solução 2, encontrando-se localizadas tendo em consideração o relevo e a paisagem da concessão do "Romano". Esta área ampla servirá para deposição e empilhamento de material considerado sem valor económico resultante da atividade extrativa afeta à exploração mineral. A área para a rocha encaixante, a sobrecarga combinada e o solo superficial são adequadas para o planeamento da deposição temporária. A topografia da área permite que as águas superficiais circulem sem quaisquer interferências, sendo recolhidas e tratadas. Esta área servirá como armazenamento temporário de rocha encaixante para posterior enchimento dos desmontes.

Mesmo assim, terá de ser criada uma rede de valas de coleta de água de drenagem, a serem estrategicamente instaladas e construídas nos principais pontos baixos da pilha de rochas estéreis. No entanto e se necessário criar-se-ão valas para impedir que as águas possam fluir em direção errada, provocando assim desequilíbrios no que diz respeito à componente hídrica ou outro tipo de desequilíbrio nos ecossistemas.

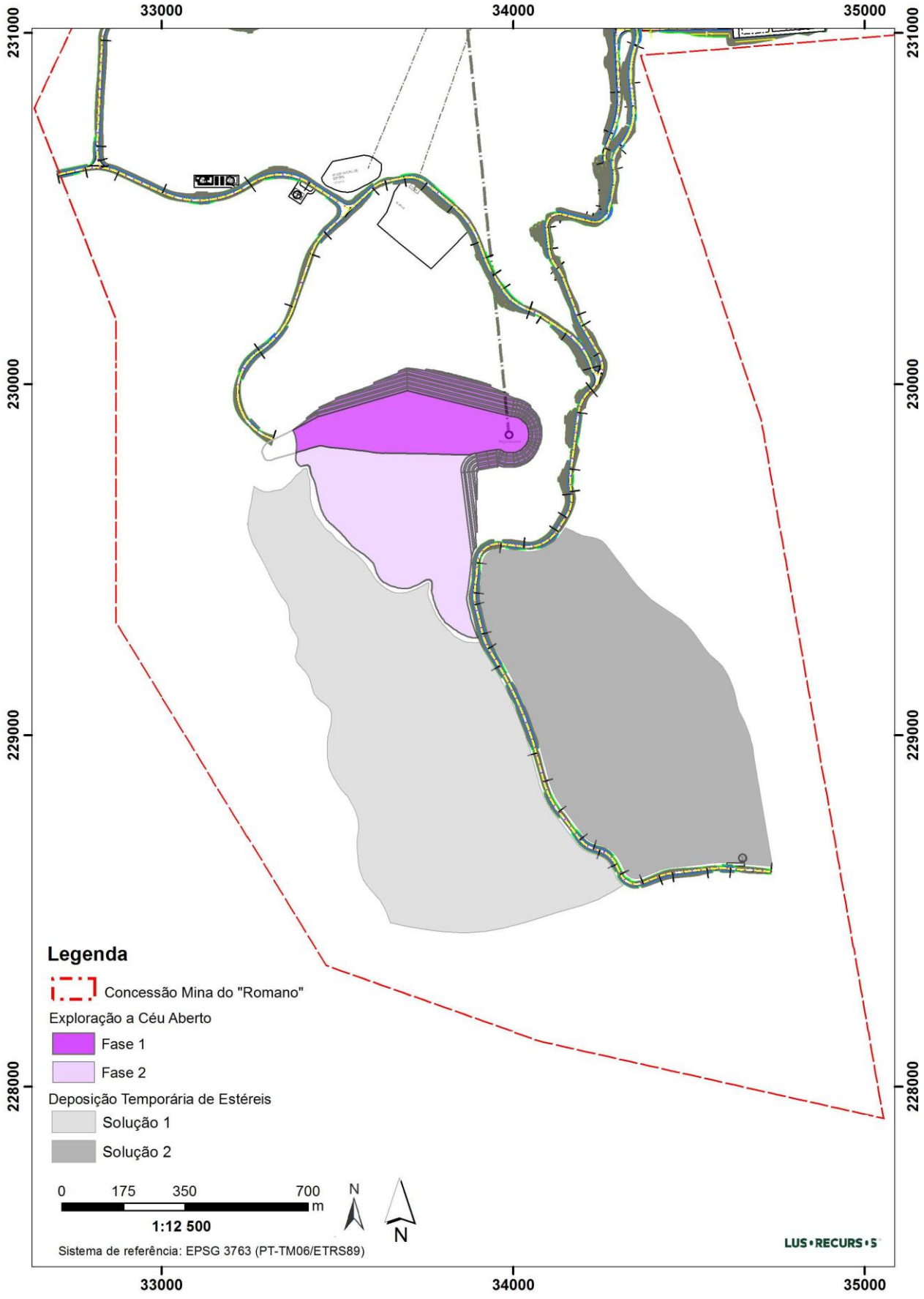


Figura 449 - Layout das alternativas de escombreira para a concessão do Romano

9. Interdependência entre componentes

Com este subcapítulo pretende-se evidenciar a interdependência entre as várias componentes de uma forma geral:

Lavaria (moagem + flutuação) + Unidade de espessamento + Unidade de filtração

A lavaria é alimentado pelo minério bruto proveniente da exploração e subsequente britagem e os principais "outputs" serão os concentrados de petalite (que seguem para a unidade de calcinação), de agregados quartzo-feldspáticos e quartzo (respetivamente direcionados para o armazém de produto acabado e armazém de feldspato/quartzo). Os excedentes sob a forma de lamas são canalizados para as unidades de espessamento e filtração para o seu tratamento (espessamento, filtragem e secagem onde se destaca a reciclagem de água para outros processos, com a água a ser tratada na ETARIC).

Fábrica Hidrometalúrgica

A fábrica hidrometalúrgica é alimentada pelos concentrados de petalite e o principal "output" são os sais de lítio ultrapuros "battery grade" mono-hidratados ($LiOH.H_2O$) após processos metalúrgicos. Os produtos finais da Refinaria (hidróxido de lítio e sulfato de sódio) têm como destino o armazém de produto acabado, onde serão devidamente acondicionados e expedidos para o cliente final.

Armazém de produto acabado e Armazém de Feldspato/Quartzo

Neste edifício encontrar-se-ão produtos e recursos minerais secundários resultantes das atividades industriais nas componentes da lavaria e fábrica hidrometalúrgica.

Laboratório de I&D (Laboratório de Geologia | Serviços Técnicos - Mina)

É a partir das atividades desta componente que os trabalhos de extração e transformação são otimizados com vista à obtenção das melhores recuperações possíveis dos minérios e consequentemente dos resultados económicos.

Parque de resíduos sólidos secos e Parque de resíduos

Nesta componente, serão depositados de forma temporária, os rejeitados tratados provenientes das unidades de espessamento e filtração. Posteriormente, estes materiais seguirão diretamente para o "backfill"/enchimento dos desmontes subterrâneos outrora

explorados. No Parque de resíduos, serão armazenados temporariamente as lamas provenientes da fábrica hidrometalúrgica, assim como, outros resíduos, que prontamente serão encaminhados para o operador de resíduos licenciado que virá periodicamente recolher esses materiais.

ANEXOS

Anexo A. Balanços mássicos