



---

## ESTUDO SOBRE O TRATAMENTO DE EFLUENTES

PROJETO DE REATIVAÇÃO DAS MINAS DE FERRO DE MONCORVO

Anexo III – Volume III RECAPE

## Índice

1. Introdução.....	3
2. Instalações de tratamento.....	4
Estação de Tratamento de Águas Mineiras (ETAM) .....	5
3. Fontes de poluição .....	5
4. Fornecimento de água .....	8
5. Sistema de drenagem e esgoto .....	9
Tratamento dos efluentes .....	13
Eliminação de sólidos em suspensão. Decantação.....	13
Neutralização química .....	13
Osmose inversa .....	14
Intercambio iónico .....	15
Tratamento biológico .....	15
6. Encerramento das instalações.....	15

## Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de <a href="https://www.ccdralg.pt/site/sites/ccdralg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf">https://www.ccdralg.pt/site/sites/ccdralg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf</a> ) .....	5
Figura 2 - Fontes de poluição tóxica dos recursos hídricos.....	7
Figura 3 - Potenciais fontes de poluição accidental dos recursos hídricos .....	8
Figura 4 -Perfil esquemático da implantação das valas de drenagem nas rampas. ....	9
Figura 5 - Esquema ilustrativo da bacia de tratamento das águas mineiras. ....	11
Figura 6 - Representação esquemática da obra de proteção à descarga. ....	12

## 1. Introdução

A água é um dos recursos naturais mais abundante é constitui o meio mais básico de todos os processos de vida. Apesar da sua abundância, a disponibilidade da água para fazer frente a crescente procura do seu uso, como água potável, indústria, lazer, etc., é cada vez mais limitada.

Devido ao desenvolvimento industrial é ao aumento da população, gradualmente são maiores as descargas de contaminantes nos aquíferos e dos cursos de água superficiais, com a consequente deterioração da qualidade dos mesmos.

A exploração mineira é uma das atividades industriais mais estreitamente ligada a água, pois, por um lado, se necessita de um grande número de operações, e por outro, se geram grandes volumes. Como consequência deste último, em todos os projetos minérios é preciso complementar os meios necessários para o controlo de descargas, assim como as medidas de prevenção da contaminação das águas durante a exploração e após o abandono posterior.

A água na exploração mineira provém principalmente da infiltração de aquíferos intersetados e do escoamento superficial. A sua presença nas minas cria numerosos problemas, pelo que é necessário bombear e afastar a água das zonas de trabalho por meio de e afastá-lo das zonas de trabalho através de sistemas de drenagem adequados. sistemas de drenagem adequados.

Outra fonte de efluentes são as instalações de processamento de minerais, uma vez que a concentração é frequentemente realizada por via húmida.

A concentração é frequentemente efetuada por via húmida. Embora alguma água seja reciclada no processo de processamento mineral e uma certa percentagem de água de drenagem seja utilizada em algumas operações mineiras, existe frequentemente em algumas explorações mineiras, existe frequentemente um excedente, cuja má qualidade é a água de drenagem. A má qualidade deste excedente de água tem uma série de efeitos adversos.

Os efeitos hidrológicos que podem ser causados pela exploração mineira são de duas ordens: por um lado, afetam as águas subterrâneas e, por outro, as águas superficiais.

Estes efeitos podem ser resumidos da seguinte forma:

- Diminuição da qualidade da água. Tornam a água imprópria para consumo humano, industrial, recreativo e qualquer outro uso ou exploração do curso de água e do aquífero.

- Causam danos ecológicos, alterando ou eliminando as comunidades biológicas naturais presentes no curso de água e no aquífero afetados e vão diminuindo a diversidade dos organismos.

Deterioração da paisagem. A recuperação paisagística das zonas afetadas pela exploração mineira deve incluir todos os elementos do ambiente e, em particular, a água, enquanto componente que caracteriza e modela a paisagem.

Em geral, uma alteração da qualidade da água implica uma mudança de utilização.

Quanto mais difícil for retomar a atividade ou atividades que eram desenvolvidas com a participação da água, maior será o impacto e mais necessária será a adoção de medidas corretivas adequadas.

## **2. Instalações de tratamento**

O panorama dos serviços de saneamento de águas residuais urbanas é bastante semelhante ao do abastecimento de água para consumo, ou seja, os serviços de drenagem e tratamento de águas residuais estão classificados em “alta” e em “baixa”, verificando que as atividades relativas à primeira são da responsabilidade das Águas do Norte e, os relativos à segunda esta sobre a alçada da Águas do Interior Norte (AdIN).

As instalações de tratamento mais próximas da área de concessão das instalações da Aethel Mining S.A., referem-se às fossas sépticas de Felgar e Souto da Velha e à ETAR de Torre de Moncorvo, sendo que dentro da área de concessão localizam-se a ETAR compacta e a fossa séptica de Felgueiras que se encontra na alçada da AdIN.

A instalação de tratamento de águas tem um papel fulcral para o reaproveitamento da água nos processos.

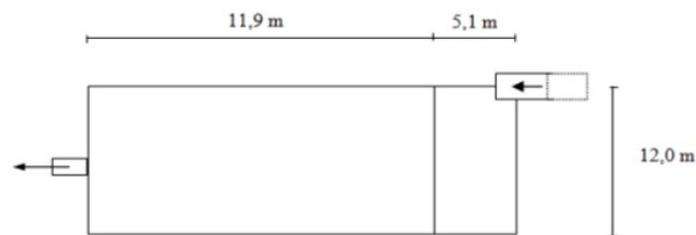
Na zona a ser explorada será construída uma Estação de Tratamento de Água Mineira para proceder aos tratamentos das águas resultantes da exploração mineira e da lavaria. Prevê-se que o consumo anual de água para a lavaria seja maioritariamente (75-85%) para o tratamento do minério. O sistema de circulação de água nas lavarias funcionará em circuito fechado e prevê-se a recuperação das águas através do processo de espessamento e filtragem (filtros prensa), estando estimado um reaproveitamento global na ordem dos 95%.

### Estação de Tratamento de Águas Mineiras (ETAM)

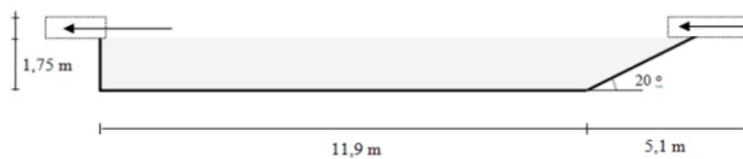
As águas provenientes da mina propriamente dita, deverão ser tratadas numa ETAM, a qual deverá ter as seguintes particularidades:

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 1 - Esquema de uma bacia de decantação. (Retirado a partir de <https://www.ccdralg.pt/site/sites/ccdralg.pt/files/eventos/ualgarve-carlaantunes.pdf>)*

Serão ainda instalados sistemas de drenagens nas águas que resultem das escorrências da escombreira.

As águas provenientes das escombreiras deverão ser tratadas numa bacia de decantação.

### **3. Fontes de poluição**

De acordo com informações e estudos anteriormente obtidas, as fontes de poluição com maior relevância no concelho são os efluentes de origem urbana, em que estas contribuem para a carga orgânica afluyente aos recursos hídricos superficiais, e a atividade agrícola, que fornece elevadas

cargas de nutrientes como o azoto e o fósforo. A sub-bacia do Douro é a que apresenta maiores cargas de poluente orgânico e o rio Sabor a massa de água com maior pressão de origem agrícola (PGRH Douro, 2011). Como já referido anteriormente, o setor urbano é o que mais contribui para as cargas de CQO (Carência Química de Oxigénio) e CBO5 (Carência Bioquímica de Oxigénio) rejeitadas. No entanto, a agricultura e a pecuária são as atividades responsáveis pela maioria da carga de azoto total que potencialmente atinge as massas de água.

Quanto à atividade industrial, que assume maior relevo em termos de poluição pontual, destaca-se o sector da indústria alimentar, designadamente a produção de azeite e vinho, responsáveis por picos de poluição em determinadas épocas do ano. As adegas representam maior impacto em termos de azoto e fósforo, e em particular na sub-bacia do Douro; os lagares, as cargas são mais significativas para o CQO, CBO, SST (Sólidos Suspensos Totais), compostos de natureza fenólica e gorduras, com maior incidência na sub-bacia do Sabor (PGRH Douro, 2011).

Para os sectores da pecuária, de acordo com PGRH Douro (2011), “as cargas poluentes estimadas não são significativas quando comparadas com as do sector urbano, agrícola e industrial”. Este sector é responsável pela produção de efluentes pecuários que, por conterem azoto e fósforo, podem constituir uma importante fonte de poluição, tanto pontual (se ocorrerem descargas no solo ou nas águas superficiais) como difusa (se os efluentes pecuários forem aplicados nos solos agrícolas de forma menos adequada). (DOURO (RH3), 2022).

No que diz respeito às fontes de poluição dos recursos hídricos subterrâneos refere-se o impacto das explorações mineiras desativadas que, segundo PGRH Douro (2001), “é, aparentemente, reduzido, mas importa reforçar o controlo e monitorização da qualidade das águas subterrâneas”. Assim, verifica-se que as fontes de origem tópica, passíveis de exercer pressão nas massas de água subterrâneas, não são significativas na Região Hidrográfica do Douro (RH3). Por outro lado, em termos de contaminação difusa das massas de água subterrâneas, a tendência de descida da Superfície Agrícola Utilizável (SAU) ocupada pela terra arável, juntamente com os baixos níveis de incorporação unitária dos meios de produção agrícola, traduzem uma diminuição da pressão das atividades pecuárias nas massas de água subterrânea na RH3.”

No concelho de Torre de Moncorvo propriamente dito, existem algumas instalações que em determinadas circunstâncias poderão desencadear acidentes com repercussões graves para o meio hídrico, sendo por isso consideradas potencialmente geradoras de poluição tópica. Em concreto para a zona da concessão da Aethel Mining S.A. e sua envolvente, refere-se uma

exploração mineira reativada, seis instalações de abastecimento de combustível, dois armazéns de produtos fitofarmacêutico e uma ETAR com capacidade para servir uma população superior a 20 000 habitantes.

Provavelmente o problema da contribuição da carga orgânica provém do facto de o tratamento aplicado, em alguns lugares, ser ainda bastante deficitário, com recurso a fossas sépticas, atendendo a que os níveis de serviço em termos de sistema de drenagem de águas residuais e ETAR são muito satisfatórios.

Relativamente à poluição agrícola, as explorações mais representativas nesta região são as vinhas, os olivais e os pomares no Vale da Vilarica, este último na sub-bacia do Sabor. A agricultura quando praticada de forma intensiva é responsável pela denominada poluição de origem agrícola, resultante da utilização de certos produtos, como adubos, fertilizantes e pesticidas.

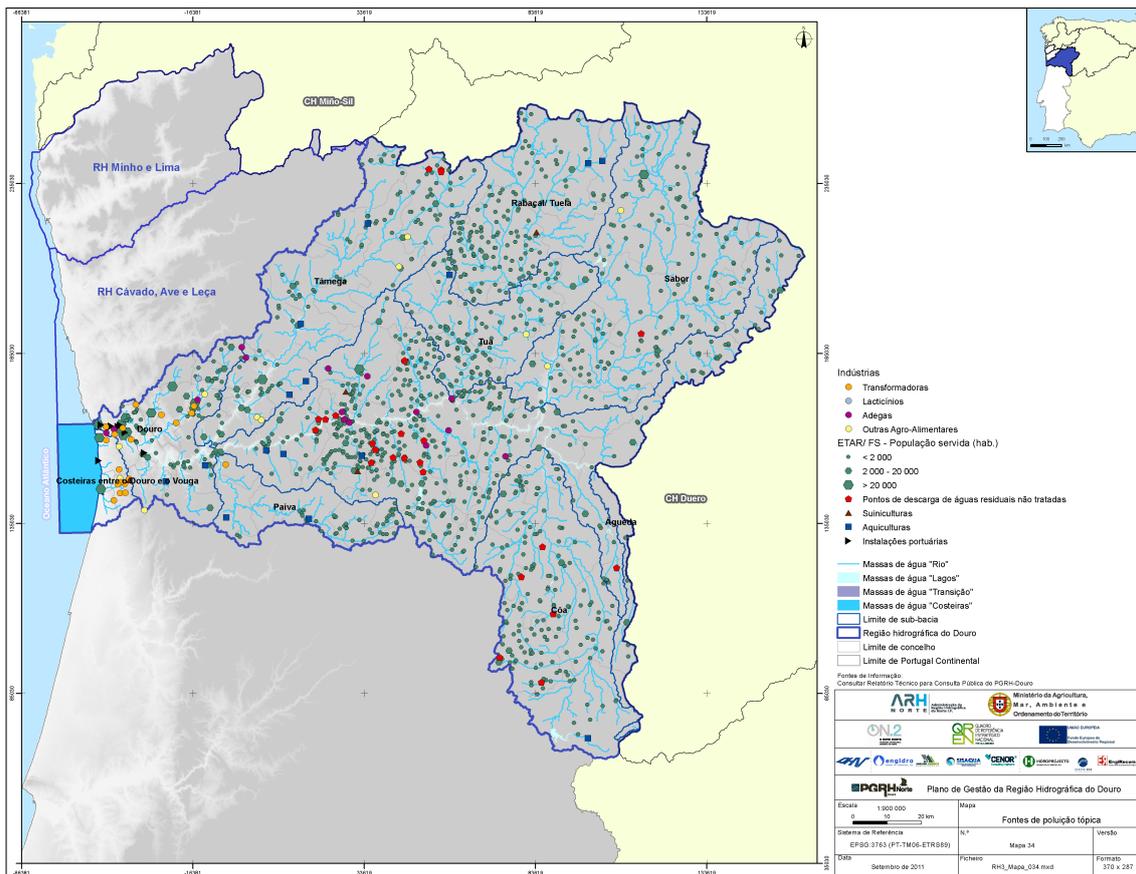


Figura 2 - Fontes de poluição tóxica dos recursos hídricos

Fonte: Mapa 34, do PGRH Douro (2011)

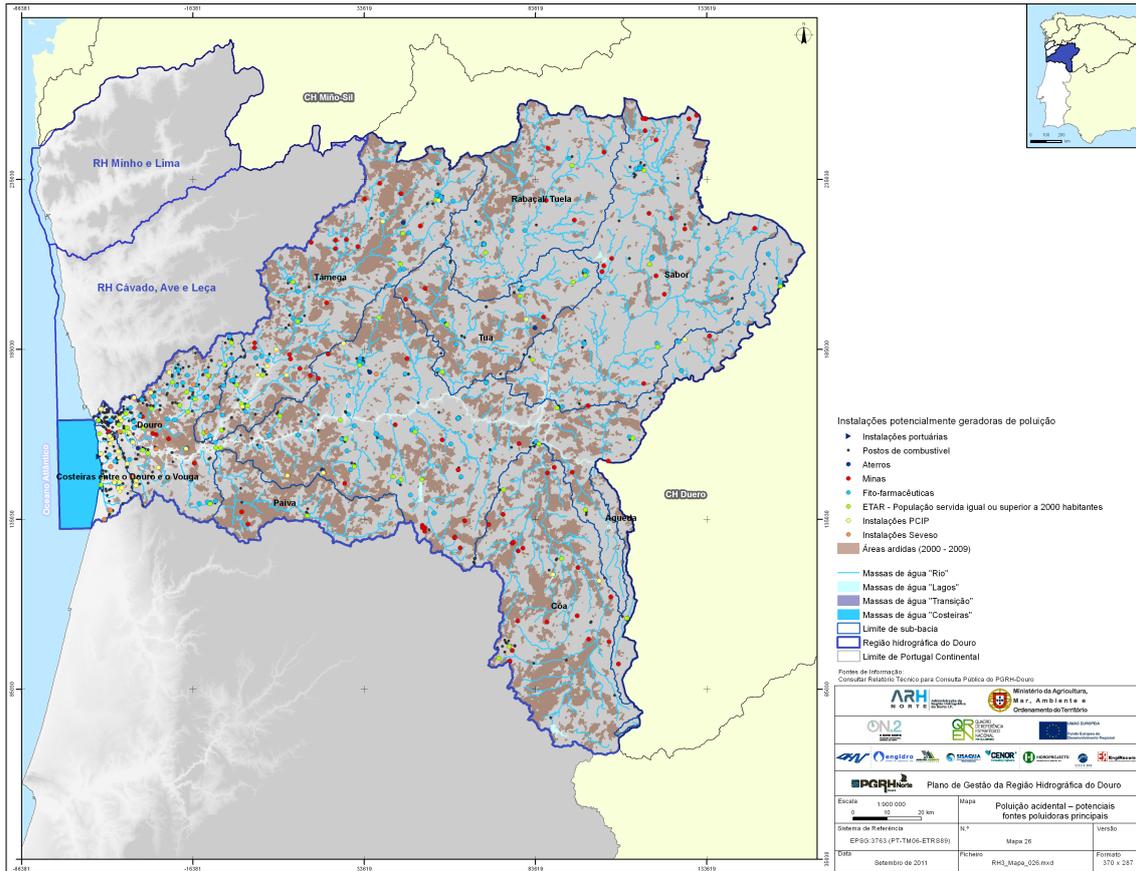


Figura 3 - Potencias fontes de poluição acidental dos recursos hídricos

Fonte: Mapa 26, do PGRH Douro (2011)

#### 4. Fornecimento de água

A mina de ferro de Moncorvo irá necessitar de fornecimento de água para o tratamento do minério na lavaria, para as instalações sociais e de apoio, para a rega de acessos e para as atividades de recuperação paisagística da mina, a rega das plantas.

A água para uso doméstico como o duche e sanitários, será fornecida pela rede pública, sendo o consumo em função do número de trabalhadores, um expectável consumo na ordem dos 2 m<sup>3</sup> por trabalhador por mês.

O fornecimento de água para as atividades de extração, tratamento e recuperação, será efetuado a partir de captação no rio Douro. Todas as captações serão alvo de licenciamento junto da Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Prevê-se que o consumo anual de água seja maioritariamente (75-85%) para o tratamento do minério nas lavarias. O sistema de circulação de água nas lavarias funcionará em circuito fechado e prevê-se a recuperação das águas através do processo de espessamento e filtragem (filtros prensa), estando estimado um reaproveitamento global na ordem dos 95%.

Durante esta fase, o consumo de água na Lavaria Definitiva estima-se em cerca de 10.000 m<sup>3</sup> de água em circulação por dia e que as perdas correspondem a cerca de 200 m<sup>3</sup>/dia (consumo diário de água fresca em fase de plena produção), para os 300 dias de funcionamento por ano. Assim, o consumo anual de água fresca para a lavaria cifra-se na ordem dos 60.000 m<sup>3</sup>. Considerando que para outros usos serão necessários, em média, cerca de 20% da água total consumida (regas de acessos, rega de plantas e outros), o total de água a consumir anualmente cifra-se em 75.000 m<sup>3</sup>, que será obtida a partir de captação no rio Douro. A água utilizada será transportada em camião tanque, desde a captação no rio Douro na albufeira da Valeira, reposta diariamente e armazenada em 4 depósitos de 4.000 m<sup>3</sup> (16.000 m<sup>3</sup>), enterrados, que garantem o volume de água total necessário e em circulação diária no processamento.

## 5. Sistema de drenagem e esgoto

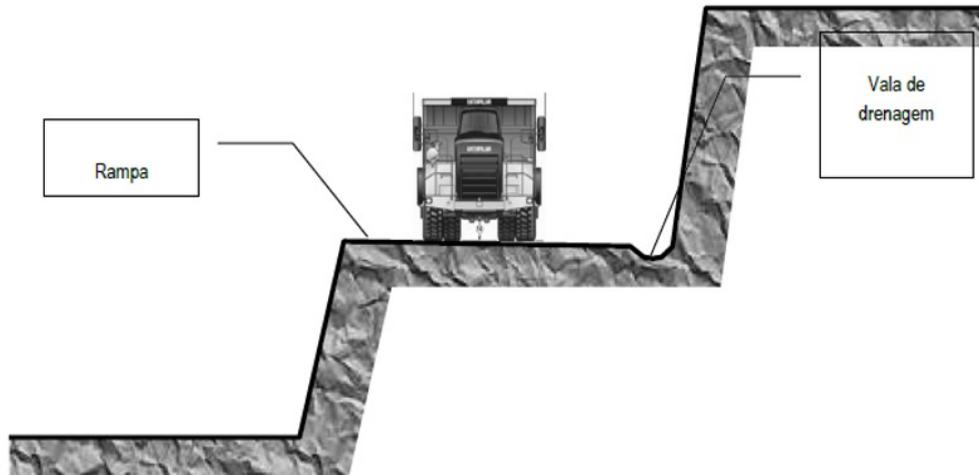


Figura 4 -Perfil esquemático da implantação das valas de drenagem nas rampas.

Os sistemas de drenagem serão compostos por valas de escoamento para águas pluviais a construir na lateral de rampas e junto das bordaduras externas da escavação.

No atravessamento de caminhos, sempre que se justifique, serão utilizadas manilhas ou tubagens para encaminhamento da água.

Serão construídos pontualmente sistemas de drenagem periféricos, os quais irão ser adaptados com a evolução da lavra, tendo como principal objetivo regular o fluxo de água pluvial para o interior da escavação. Estes sistemas serão constituídos por valas de cintura e diques, localizados nas zonas mais críticas, ou outros sistemas que se revelem adequados a cada situação.

Os mesmos sistemas serão utilizados na lavaria e nas zonas de deposição temporária de estéreis e de rejeitados.

Tratando-se de um maciço rochoso onde existem zonas onde a infiltração prevalece sobre a escorrência, devido à fracturação existente, não se preveem situações preocupantes na gestão da água pluvial. De qualquer forma, no caso de se verificarem regimes de chuva acentuados que provoquem algumas acumulações de água, serão transferidas as frentes de desmonte para áreas de cota superior, permitindo que as águas acumuladas desapareçam por infiltração e/ou evaporação. Caso se justifique, as águas acumuladas no fundo das escavações, serão bombeadas para os tanques de decantação a instalar e/ou para as Estações de Tratamento de Águas Mineiras (ETAM), sendo depois devolvidas para o sistema de drenagem natural.

A lavaria definitiva e zona do parque temporário de rejeitados irá dispor de um sistema de drenagem periférico exterior, composto por valas, que tem como objetivo desviar as águas pluviais, e por um sistema de drenagem periférico interior, também composto por valas, que tem como objetivo recolher as águas existentes no seu interior e conduzi-las para um estação de tratamento das águas (ETAM).

O dimensionamento das ETAMs será efetuado em fase de Projeto de Execução. No entanto, a título exemplificativo apresenta-se um esquema com a bacia de tratamento que será composta com várias células que permitem a decantação e tratamento (Fig.4).

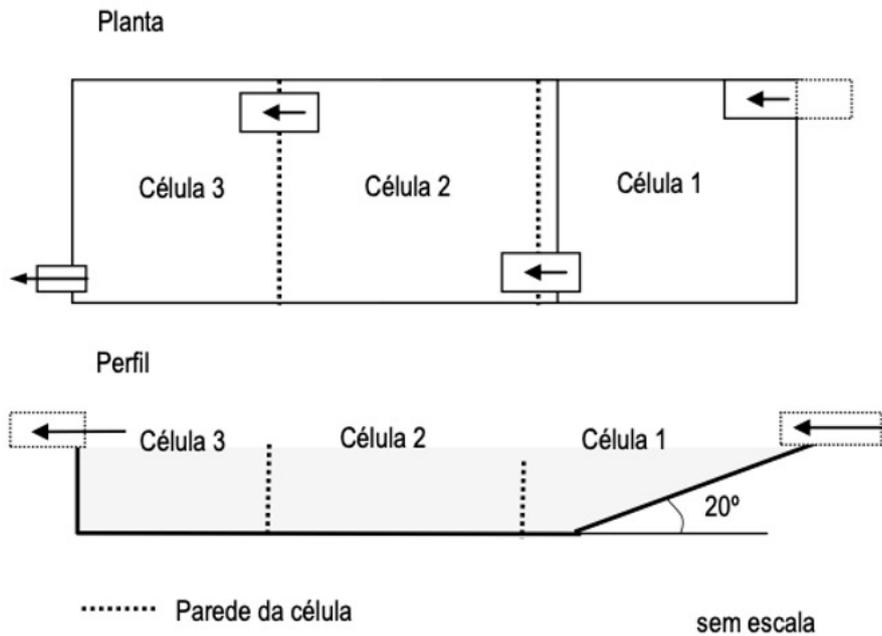


Figura 5 - Esquema ilustrativo da bacia de tratamento das águas mineiras.

A jusante do tanque deverá ser executada uma obra de proteção à descarga na linha de água, do tipo boca de lobo, como se indica na Fig.5. Este órgão consta fundamentalmente de uma pequena lajeta de betão que se prolonga por uma superfície de pedra arrumada à mão, para evitar a destruição da fundação através da remoção de partículas. A tubagem é maciada a uma parede vertical de betão que é perpendicular e apoia naquela lajeta, terminando um pouco acima do nível do terreno para evitar o escorregamento de terras e de pedras.

Em alternativa poderá ser construído um tapete de enrocamento arrumado à mão, com um mínimo de três fiadas de espessura e inclinação compatível com o seu ângulo de repouso natural e com as solicitações a que estará sujeito (ângulo a adotar  $\leq 20^\circ$ ).

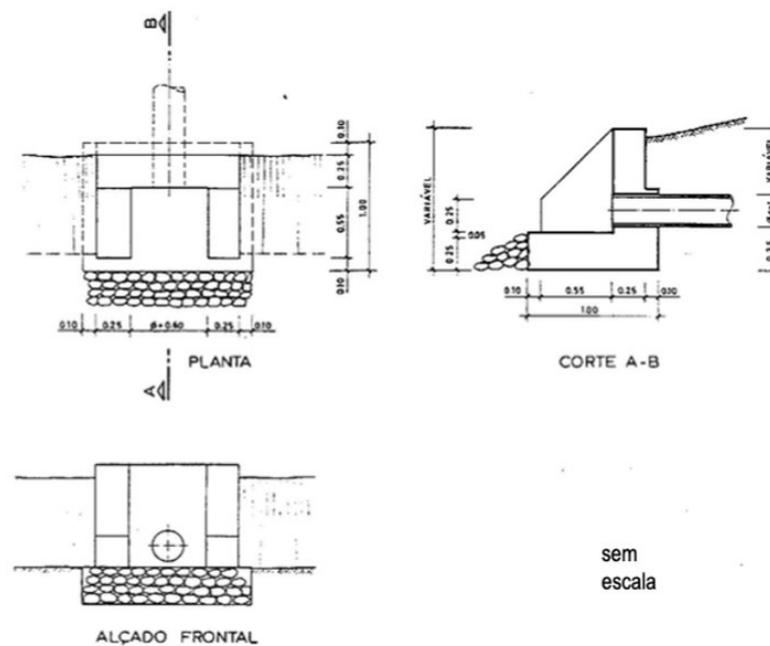


Figura 6 - Representação esquemática da obra de proteção à descarga.

Os mesmos sistemas serão utilizados nas zonas de deposição temporária de estéreis preocupantes na gestão da água pluvial. De qualquer forma, no caso de se verificarem regimes de chuva acentuados que provoquem algumas acumulações de água, serão transferidas as frentes de desmonte para áreas de cota superior, permitindo que as águas acumuladas desapareçam por infiltração e/ou evaporação.

Caso se justifique, a zona do parque de deposição de minério beneficiado, será impermeabilizada e disporá de um sistema de drenagem periférico exterior, composto por valas, que tem como objetivo desviar as águas pluviais.

Os efluentes provenientes das oficinas, unidades de lavagem, depósitos de abastecimento de combustível, entre outros, serão encaminhados para separador de hidrocarbonetos e/ou para estações de tratamento, onde serão alvo de tratamento físico-químico adequado.

Os esgotos domésticos das instalações sociais e de higiene como o refeitório, sanitários e duches, no caso das instalações de apoio localizadas nas áreas de escavação, são conduzidos para uma fossa estanque regularmente esgotada pelos Serviços Municipalizados ou por outra entidade licenciada.

Nos vazios de escavação existirão sistemas periféricos, através de valas de drenagem escavadas, conduzindo as águas pluviais para a rede de drenagem natural.

Antes de serem encaminhadas para o meio hídrico, e de forma a reduzir a quantidade de partículas sólidas em suspensão, as águas pluviais passarão por um sistema de decantação sujeito a manutenção periódica de forma a garantir a eficiência do processo.

No âmbito do processo de deposição de estéreis e rejeitados nos vazios de escavação será instalada em cada área de escavação, Carvalhosa, Pedrada e Reboredo-Apriscos, uma Estação de Tratamento de Águas Mineiras (ETAM) para tratamento das águas que percolam o corpo dos aterros. Só após esse tratamento as águas serão lançadas para a linha de água mais próxima.

## Tratamento dos efluentes

### Eliminação de sólidos em suspensão. Decantação.

Os sólidos em suspensão constituem uma das fontes mais frequentes de contaminação física das águas. Esta produz-se com a força erosiva da água que provoca a sua circulação superficial e arraste de partículas sólidas.

O tratamento mais comum consiste em reter as águas em umas bacias de repouso durante um tempo suficiente para que se produza a decantação dos sólidos. Se quimicamente a água não esta' contaminada é se compre os parâmetros de qualidade, os efluentes poderão ser despejados num caudal publico e reutilizar nas explorações, caso contrário tera de se proceder a sua limpeza química com os processos que explicaremos a seguir.

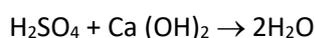
### Neutralização química

O processo de neutralização das águas acidas mediante a adição de substâncias alcalinas e é atualmente o que se faz na maioria das minas que produzem esses efluentes.

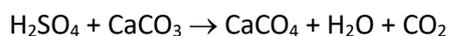
O tratamento mais frequente realiza-se em três etapas: neutralização, oxidação e precipitação.

- a) Neutralização do acido com uma base.

Com cal:



Com calcário:

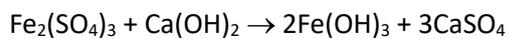


- a) Oxidação de ferro ferroso e férrico.

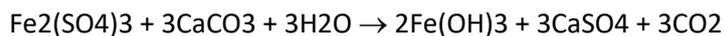
Se leva a cabo de tomar o oxigénio da atmosfera mediante a agitação das águas nos tanques. Com isto consegue-se modificar o estado do ferro tornando-o insolúvel.

- b) Precipitação dos hidróxidos de ferro. Os hidróxidos formam-se ao reagir o sulfato de ferro com os agentes alcalinos.

Com cal:



Com calcário:



A separação dos sólidos insolúveis realiza-se em decantadores circulares ou retangulares, ajudado pela ação dos floculantes. A filtração nas suas diversas variantes pode ser utilizada como sistema complementar. Os agentes alcalinos podem ser muitos: cal rápida, cal hidratada, rocha calcária, calcário em pó, magnésio, soda cáustica e hidróxido de amónio.

#### Osmose inversa

A osmose inversa é um sistema efetivo de remoção dos iões polivalentes das águas de drenagem. É um processo que consiste na utilização de uma membrana que deixa passar a água, retendo num lado os contaminantes. Estas membranas tem um expressor de umas 100 micras é esta constituída por uma película de acetato de celulosa. A recuperação da água limpa é alta, chegando a valores de 90% total. Esta recuperação esta limitada pela precipitação das substâncias sobre a membrana quando esta supera o ponto de saturação. A primeira substância que precipita geralmente é geralmente o sulfato de cálcio.

Este sistema de tratamento tem diversos inconvenientes, como a perda de rendimento da obstrução das membranas, alto custo é difícil manipulação dos lodos.

### Intercambio iónico

É igual ao sistema anterior, o tratamento das águas ácidas por intercambio iónico com resina sintética de alto peso molecular permite obter água com alto grau de pureza e inclui recuperar metais pesados, mas tem imensos inconvenientes tais como a incrustação progressiva das resinas, a interferência dos iões, a capacidade de carga limitada, os elevados custos de operação e o armazenamento das soluções de regeneração.

### Tratamento biológico

Este sistema aproveita a capacidade das bactérias como a “Desulphovibro desulfuricans”, para reduzir em um meio anaeróbio os sulfatos que transportam os efluentes produzindo precipitados sulfurosos dos metais dissolvidos. Este tipo de tratamento se encontra só em fase de experimentação, ter sido ilegítimo ao nível da unidade-piloto (Nakamuro, 1988), mas continua a ter inconvenientes que tornam inviável a sua aplicação à escala industrial.

## **6. Encerramento das instalações**

Caso se verifique necessário, a base do aterro será selada com recurso a uma cobertura contínua de tela (soldada) em polietileno de alta densidade (HDPE liner), uma camada de argila com 50 cm de espessura, uma camada drenante de águas pluviais com 50 cm de espessura e uma camada de solos e terra vegetal com 1 m de espessura. O dimensionamento dos sistemas de impermeabilização e drenagem resultará de análises químicas concretas a efetuar aos resíduos e efluentes. O topo do aterro será posteriormente renaturalizado com espécies vegetais de pequeno porte, enquadradas com as restantes ações de reabilitação preconizadas para a jazida, de acordo com o PARP.

O encerramento dos aterros desta área de exploração, não deverá carecer de cuidados especiais, uma vez que o método construtivo e a inclinação máxima prevista para a modelação do terreno (cerca de 26º), oferece boas condições de estabilidade e segurança.

Os depósitos temporários (parques temporários de rejeitados), sem quaisquer resíduos, serão também enquadrados na reabilitação global da mina.

Serão ainda cumpridas as normas de segurança e de proteção ambiental, no período de 2 anos subsequente ao encerramento do aterro. Deste modo, a empresa exploradora continuará as suas atividades de manutenção, monitorização e controlo da área da mina durante o período referido,

de forma a garantir as adequadas condições de segurança e enquadramento ambiental, definidas no Plano de Lavra e, caso se venha a considerar necessário, à implementação de medidas corretivas.