



VIBRAÇÕES

PROJETO DE REATIVAÇÃO DAS MINAS DE FERRO DE MONCORVO

Anexo III – Volume III RECAPE

Índice

1.	Introdução	4
1.1.	Sumário	4
2.	Plano de lavra	5
2.1.	Plano de lavra pedrada carvalhosa e reboredo/apriscos	5
2.2.	Faseamento dos trabalhos	6
3.	Vibrações	9
4.	Revisão bibliográfica	12
4.1.	Elementos de vibração	12
4.2.	Classificação das vibrações quanto à sua duração e ao período de repetição	13
4.3.	Parâmetros de medição	15
4.4.	Estudo sobre incomodidade e danos em conjunto	16
4.5.	Critérios para vibrações	16
4.5.1.	Norma np 2074 (1983)	16
4.5.2.	Critérios do I.n.e.c.	18
4.6.	Critérios para onda sonora	19
4.7.	Critério de distância a receptores sensíveis	20
5.	Situação inicial	21
6.	Medidas compensatórias e de minimização	24
7.	Impactes	24
7.1.	Exploração e desmonte	25
7.2.	Beneficiação primária e secundária	30
8.	Plano de monitorização	31
9.	Considerações finais	36

Índice de Figuras

Figura 1 - Enquadramento geográfico da Área de Concessão C-136 Moncorvo.	4
Figura 2 - Localização da lavra a céu aberto e infraestruturas mineiras do Projecto Definitivo implementado sobre cartas militares.....	5
Figura 3 - Parâmetros principais constituintes da onda sísmica.....	12
Figura 4 - Classificação das vibrações sísmicas – vibração intermitente	14
Figura 5 - Classificação das vibrações sísmicas – Vibração transiente.....	14
Figura 6 - Classificação das vibrações sísmicas – vibração contínua	14
Figura 7 - Localização dos pontos de medida.....	21
Figura 8 – Gráfico da velocidade vibratória de pico versus distância à detonação para 4 cargas explosivas diferentes	27
Figura 9 - Construção de apoio agrícola referente ao P11	28
Figura 10 - Gráfico nível de pressão sonora de pico versus distância à detonação para 4 cargas explosivas diferentes	29
Figura 11 - Localização dos Pontos a Monitorar.....	33
Figura 12 - Distâncias dos pontos a monitorar à corta mais próxima.....	33

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Descrição das atividades	6
Tabela 2 – Fases do Plano de Lavra	10
Tabela 3 – Diagrama de Fogo Previsto.....	11
Tabela 4 - Níveis Recomendáveis de Vibrações	16
Tabela 5 - Valores de velocidade de vibração admissíveis.....	17
Tabela 6 - Limites estabelecidos na proposta de revisão da NP 2074, para a velocidade da vibração de pico (mm.s-1).....	18
Tabela 7 - Critérios L.N.E.C. – Danos: Valores Limite da Velocidade Eficaz da Vibração, no local.....	18
Tabela 8 - Critérios L.N.E.C. - Incomodidade: Valores Limite da Velocidade Eficaz da Vibração, no Local.....	19
Tabela 9 - Efeitos da Onda Sonora (adaptado do livro Vibration Control, editado por Mickaël Lallart).....	20
Tabela 10 - Identificação dos Pontos de Medida	22
Tabela 11 – Resultados das medições (expressos em micrómetros por segundo).....	23
Tabela 12 – Operações principais de desmonte	25
Tabela 13 - Distância de segurança em função da carga de explosivo por retardo	26
Tabela 14 - Valores de pico máximo de vibração previstos para os recetores sensíveis mais críticos.....	27
Tabela 15 – Pontos a monitorizar em cada fase exploração das minas.....	32

1. INTRODUÇÃO

1.1. SUMÁRIO

O Projeto de Reativação das Minas de Ferro de Torre de Moncorvo situa-se no Distrito de Bragança, Concelho de Torre de Moncorvo, incidindo numa área concessionada de aproximadamente 46,2 Km², onde ocorrem as jazidas de ferro exploradas no passado, desde os pré-históricos.

O Proponente do presente projeto é a Aethel Mining Portugal, S.A., empresa titular da concessão de exploração dos depósitos de minerais de ferro e minerais associados, ao qual corresponde o número de cadastro C-136 e a denominação “Moncorvo”, cujo contrato nº 422/2017, foi celebrado a 30 de novembro de 2016 e publicado no Diário da República, 2ª Série, nº 118, de 21 de junho de 2017.

A área da concessão abrange porções de território da União de Freguesias de Felgar e Souto da Velha, Felgueiras, Mós, Carviçais, Larinho, Torre de Moncorvo e Açoreira, neste concelho (ver Figura 1).

O processo de licenciamento para a reativação das Minas de Ferro de Moncorvo, em curso, constitui o próximo e decisivo passo no longo percurso mineiro deste projeto, decorrendo em paralelo com um conjunto de trabalhos e estudos ambientais, sociais e económicos, que constituem a fase de RECAPE II, referente à fase definitiva do Projecto Mineiro.

Após a avaliação ambiental realizada ao Estudo de Impacte Ambiental, da alternativa de exploração proposta com base na premissa de identificar soluções conceptuais, que optimizassem a viabilidade funcional, ambiental e económica do projecto, a opção preferencial que apresentasse menores impactes ambientais e sociais após o processo de AIA

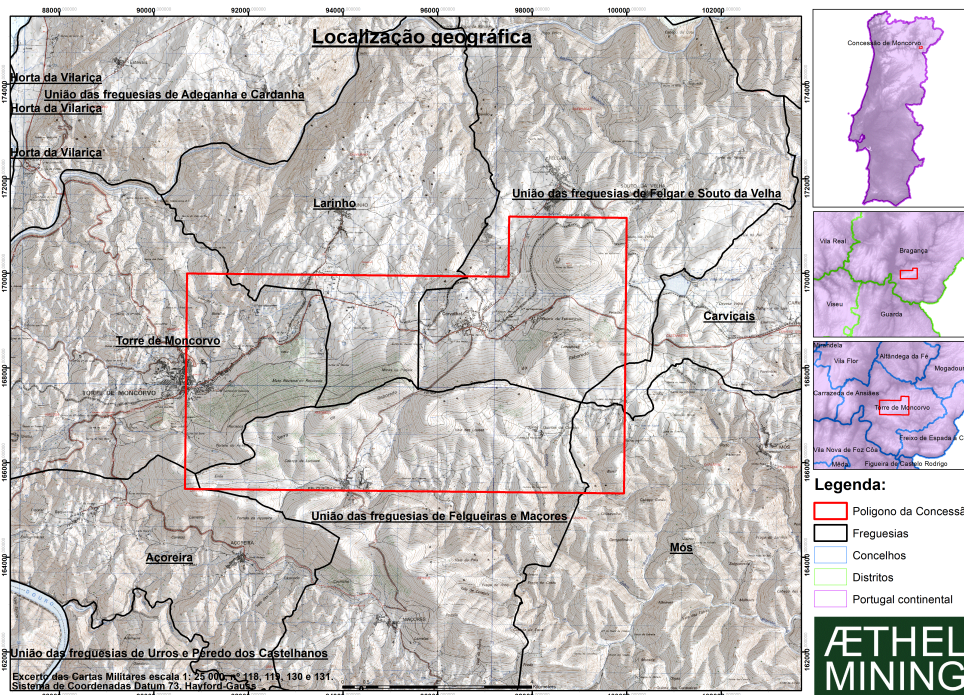


Figura 1 - Enquadramento geográfico da Área de Concessão C-136 Moncorvo.

2. PLANO DE LAVRA

2.1. PLANO DE LAVRA PEDRADA CARVALHOSA E REBOREDO/APRISCOS

O Plano de Lavra, constitui, na atual versão, desenvolvida ao nível de Projeto de Execução para a Fase Definitiva, uma das peças instrutórias do processo de licenciamento da reactivação das Minas de Ferro de Moncorvo, constituindo um documento abrangente, que visa estabelecer e apresentar as principais soluções para o aproveitamento eficiente do recurso mineral, a localização, os cenários de execução e a estimativa de custos associados, naquela que será, de acordo com a estratégia de desenvolvimento do Projecto aprovada, a Fase Definitiva.

Na atual fase de desenvolvimento, o Plano de Lavra, agora desenvolvido ao nível de Projeto de Execução, deverá disponibilizar a informação necessária às tomadas de decisões de carácter geral e ao desenvolvimento dos trabalhos de extracção e beneficiação, que permita que os trabalhos decorram de acordo com as boas práticas mineiras, dentro de rigorosos critérios de segurança e gestão de resíduos e dentro da compatibilidade ambiental definida para a Fase Inicial na Declaração de Impacte Ambiental (DIA), bem como prevenindo as condições necessárias para a implementação do futuro Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística. De acordo com os dados recolhidos durante a fase de prospeção e pesquisa, foram delimitadas quatro Áreas com Potencial Mineiro, denominadas, Mua, Carvalhosa, Pedrada e Reboredo-Apriscos.

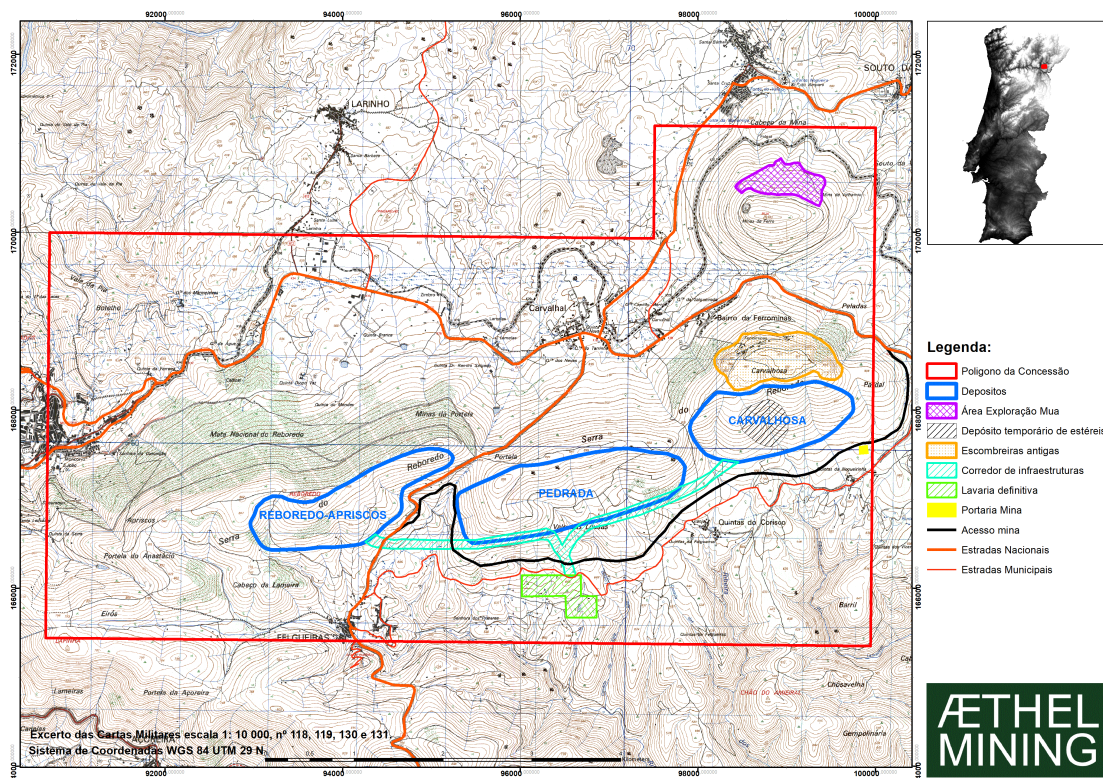


Figura 2 - Localização da lavra a céu aberto e infraestruturas mineiras do Projecto Definitivo implementado sobre cartas militares

2.2. FASEAMENTO DOS TRABALHOS

O projeto prevê um faseamento de exploração evolutiva, iniciando-se no Depósito Eluvial (cascalheiras) da Mua e desenvolvendo-se sequencialmente para Sudoeste, a partir do 6º ano de atividade, com lavra nas jazidas da Pedrada, Reboredo-Apriscos e Carvalhosa.

A metodologia de exploração preconizada para esta mina visa racionalizar o aproveitamento do recurso mineral em termos técnicos, económicos e ambientais. Os trabalhos a desenvolver na mina, incluindo os trabalhos de recuperação paisagística, serão divididos em seis fases principais que se apresentam na tabela seguinte:

Tabela 1 – Descrição das atividades

Fase	Local	Tempo (anos)	Descrição
INICIAL	Mua (Cascalheiras)	1 – 5	Exploração e Recuperação
			Exploração das cascalheiras da Mua numa área total de cerca de 25 ha e com uma produção inicial (ano 1) de 800.000 t/ano, progredindo com incrementos de 200.000 t/ano até 1.600.000 t/ano (no ano 5). Inclui desmatagem e decapagem. O minério a explorar nesta fase rondará os 6.000.000t. A escavação a realizar nesta fase assumirá valores na ordem dos 4-5 m de altura, podendo atingir alturas superiores. Nesta fase a expedição dos produtos será feita diretamente da lavaria temporária (implantada na pedreira) com recurso a camiões. Durante a exploração desta fase serão gerados cerca de 210.000 m ³ de estéreis que serão utilizados na recuperação desta área de exploração.
			Infraestruturas
			Construção das seguintes infraestruturas: - Lavaria temporária para tratamento exclusivo do minério eluvial da Mua (na pedreira “Mata dos Zimbros”) e instalações sociais e de apoio (junto à área de exploração); - Lavaria definitiva com capacidade de cerca de 4.000.000 t/ano (minério tal-qual); - Parques temporários de concentrados e rejeitados (na Lavaria); - Instalações sociais e de apoio definitivas; - Correia transportadora de minério entre a Pedrada e a lavaria definitiva; - Instalação de vedação na Pedrada; - Túnel sob a EN 220 para passagem da estrada de expedição (camiões); - Acessos rodoviários e vedações; - Depósitos e tubagens de água para alimentar a lavaria; - Subestação elétrica, postos de transformação e instalações elétricas.
			Preparação
			Preparação da área de escavação na Pedrada. Serão removidos cerca de 2.000.000 m ³ de estéreis de superfície.
FASE DEFINITIVA ETAPA 1	PEDRADA	6 - 30	Exploração
			Exploração na Pedrada numa área de escavação máxima de cerca de 140 ha (profundidade máxima de escavação a rondar os 200 m

			<p>– cota base próxima de 650) e com produções médias de 3.670.000 t/ano de minério tal-qual que originam produções de concentrados de Fe na ordem dos 2.200.000 t/ano.</p> <p>O minério a explorar nesta fase rondará os 92.000.000 t de minério tal-qual, originando cerca de 55.000.000 t de concentrado</p> <p>Durante a exploração serão gerados cerca de 14.000.000 m³ de estéreis e, aproximadamente, 13.000.000 m³ de rejeitados.</p> <p>Os 27.000.000 m³ de estéreis e rejeitados (sólidos) gerados serão geridos na área de escavação da Pedrada e gradualmente depositados no interior dos vazios de escavação.</p>
			Infraestruturas
			<p>Construção das seguintes infraestruturas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Correia transportadora do minério de Reboredo-Apriscos para a lavaria; - Construção/melhoramento dos acessos rodoviários em Reboredo-Apriscos; - Instalação de vedação em Reboredo-Apriscos; - Preparação da bacia de receção de rejeitados no interior da corta da Pedrada.
			Preparação
			<p>Continuação da preparação da área da Pedrada (zona Oeste) através da remoção de estéreis de superfície.</p> <p>Preparação da área de escavação de Reboredo-Apriscos através de desmatagem e decapagem e da remoção dos estéreis de superfície.</p>
			Recuperação Paisagística
			<p>Desativação e recuperação da lavaria temporária instalada na pedreira “Mata dos Zimbros”, com uma área de cerca de 4 a 5ha, da área explorada na cascalheira da Mua, com aproximadamente 25 ha, e dos acessos não definitivos. Recuperação da zona Este da Pedrada.</p>
			Exploração
			<p>Exploração em Reboredo-Apriscos numa área de escavação máxima de cerca de 80 ha (profundidade máxima de escavação a rondar os 200m – cota base próxima de 650) e com produções médias de 3.670.000 t/ano de minério tal-qual que originam produções de concentrados de Fe no ordem dos 2.200.000 t/ano.</p> <p>A escavação será de cerca de 100.000.000 t, gerando cerca de 70.000.000 t de minério tal-qual.</p> <p>Durante a exploração serão gerados cerca de 11.000.000 m³ de estéreis e, aproximadamente, 10.000.000 m³ de rejeitados. Todos os estéreis e rejeitados gerados serão acondicionados nos vazios de escavação.</p> <p>Exploração em Reboredo-Apriscos numa área de escavação máxima de cerca de 80 ha (profundidade máxima de escavação a rondar os 200m – cota base próxima de 650) e com produções</p>
FASE DEFINITIVA ETAPA 2	Reboredo - Apriscos	31 - 49	

			<p>médias de 3.670.000 t/ano de minério tal-qual que originam produções de concentrados de Fe no ordem dos 2.200.000 t/ano.</p> <p>A escavação será de cerca de 100.000.000 t, gerando cerca de 70.000.000 t de minério tal-qual.</p> <p>Durante a exploração serão gerados cerca de 11.000.000 m³ de estéreis e, aproximadamente, 10.000.000 m³ de rejeitados. Todos os estéreis e rejeitados gerados serão acondicionados nos vazios de escavação.</p>
			Infraestruturas
			<p>Construção das seguintes infraestruturas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Correia transportadora do minério da Carvalhosa para a lavaria; - Túnel sob a estrada na Quinta da Nogueirinha para passagem da correia transportadora do minério, de condutas e do acesso rodoviário da mina; - Construção/melhoramento dos acessos rodoviários na Carvalhosa; - Instalação de vedação na Carvalhosa; - Preparação da bacia de receção de rejeitados em Reboredo/Apriscos.
			Preparação
			Preparação da área de escavação na Carvalhosa através de desmatagem e decapagem e da remoção dos estéreis de superfície.
			Recuperação Paisagística
			Recuperação da área de escavação da Pedrada.
			Exploração
			<p>Exploração na Carvalhosa numa área de escavação máxima de cerca de 80 ha (profundidade máxima de escavação a rondar os 170 m – cota base próxima de 680) e com produções médias de 3.670.000 t/ano de minério tal-qual que originam produções de concentrados de Fe na ordem dos 2.200.000 t/ano.</p> <p>O minério a explorar nesta etapa rondará as 30.000.000 t de minério tal-qual.</p> <p>Durante a exploração serão gerados cerca de 4.500.000 m³ de estéreis e, aproximadamente, 4.300.000 m³ de rejeitados. Todos os estéreis e rejeitados gerados serão acondicionados nos vazios de escavação de Reboredo/Apriscos e da Carvalhosa.</p>
			Recuperação paisagística
			Recuperação da área de escavação de Reboredo/Apriscos. Desativação e recuperação das áreas ocupadas pela correia transportadora do minério entre Reboredo/Apriscos e a lavaria.
			Desativação e Recuperação
			Recuperação da área de escavação da Carvalhosa. Desativação e recuperação das áreas ocupadas pelas correias transportadoras do minério entre a Carvalhosa e a lavaria. Desativação da lavaria e recuperação de toda a área afetada por aquela instalação industrial.
FASE DEFINITIVA ETAPA 3	Carvalhosa	50 - 58	
FASE DEFINITIVA ETAPA 4	Carvalhosa e Lavaria	59 - 60	

3. Vibrações

A atividade mineira refere-se a um conjunto de ações relacionadas especificamente com a atividade industrial extrativa, e incluem o arranque da rocha do maciço e a sua fragmentação, facilitando assim a remoção, transporte e posterior processamento. No entanto, estas atividades podem induzir na envolvente, ações relacionadas com as vibrações induzidas no maciço, ruídos, gases, poeiras e a projeção de material, que podem, individualmente ou conjugadas, causar significativos danos às estruturas e meio envolvente.

No caso do projeto de reativação das Minas de Ferro de Moncorvo, e de uma maneira geral, as zonas de exploração propostas não se encontram próximo de recetores sensíveis, havendo no entanto vários pequenos aglomerados e habitações isoladas, bem como reservas de água existentes, que carecem de alguma atenção do ponto de vista dos impactes gerados pelas operações de desmonte com recurso a explosivos. Serão estas operações que carecem de análise, na medida em que não se prevê que outros tipos de operações associados ao processo de extração, transporte e processamento de minério, deem origem a níveis de vibrações que possam gerar algum impacte em recetores sensíveis.

Desta forma, e de acordo com o EIA, foi desenvolvida a caracterização das Vibrações potencialmente originadas pela atividade de extração, realizadas monitorizações de vibrações junto a dois recetores sensíveis, de modo a aferir a situação inicial, desenvolvidos cálculos previsionais de propagação de vibrações desde as áreas de desmonte até aos recetores sensíveis mais próximos, de modo a identificar situações de potencial impacte vibrático não negligenciável na fase de exploração e seu enquadramento com critérios normativos aplicáveis. De referir que, as monitorizações de vibrações apresentadas neste estudo enquadraram-se na avaliação de projeto proposta pelo Estudo Prévio de 2014. No entanto, e uma vez que as potenciais áreas de desmonte se mantêm as mesmas, ou seja, a potencial propagação de vibrações de vibrações desde as áreas de desmonte até aos recetores sensíveis mais próximos é idêntica, optou-se por utilizar estes dados, mantendo as suas principais conclusões.

Assim, de acordo com os dados fornecidos pelo Plano de Lavra, o projeto incluirá quatro zonas de lavra e será implementado em várias fases, ao longo de 60 anos, conforme a tabela seguinte.

Tabela 2 – Fases do Plano de Lavra

Ano	Descrição
1 a 5	Exploração Inicial. Eluvial ou Cascalheiras da Mua
6 a 30	Exploração Definitiva Etapa 1 - Pedrada
31 – 49	Exploração Definitiva Etapa 2 – Reboredo Apriscos
50 - 58	Exploração Definitiva Etapa 3 – Carvalhosa
59 a 60	Exploração Definitiva Etapa 4 – Desativação e Recuperação

A exploração terá início junto ao extremo nordeste da concessão, no depósito Eluvial Mua, deslocando-se progressivamente para os depósitos da encosta sul da serra do Reboredo (Pedrada, Reboredo-Aprisco, Carvalhosa).

Desta forma, as fontes de vibração irão sendo deslocadas ao longo do horizonte do projecto de acordo com as várias fases descritas no Plano de Lavra e, conseqüentemente, a área potencialmente impactada em termos de vibrações acompanhará essas deslocações.

Assim, pressupõe-se que os impactes avaliados neste âmbito deverão ser cruzados com o faseamento previsto. Por exemplo, para um recetor sensível localizado nas proximidades do Reboredo-Apriscos será indicado um impacte previsto em termos de vibração que só ocorrerá na fase em que essa área de exploração estiver a ser explorada.

Um aspeto muito importante para o descritor Vibrações são os diagramas de fogo previstos para as operações de desmonte na exploração. De acordo com a informação disponível, prevêem-se dois tipos de diagramas de fogo, um utilizando furos de 89 mm de diâmetro e outro furos de 150 mm de diâmetro. Para cada um deles prevêem-se ainda duas possibilidades em termos de carga total por furo, em função da altura da bancada. Em todos eles prevê-se a utilização de 50 furos por desmonte, com detonações retardadas entre si de modo a aumentar a eficácia do desmonte e a minimizar as vibrações geradas.

As tabelas seguintes apresentam os Diagramas de fogo previstos.

Tabela 3 – Diagrama de Fogo Previsto

Características	Altura da Bancada			
	10 m		15 m	
Parâmetros Específicos				
Diâmetro do Furo (mm)	89	150	89	150
Volume a desmontar por furo (m3)	99,3	282,2	149,0	423,2
Peso a desmontar por furo (t)	377,5	1072,2	566,2	1608,3
Consumo específico de explosivos (g/t)	149,1	157,8	144,9	150,7
Perfuração específica (cm/t)	3,0	1,1	2,9	1,1
Pegas de Fogo para a produção de 1.500.000 t/ano de minério tal-qual				
Diâmetro do Furo (mm)	89	150	89	150
Quantidade anual a desmontar (ton) (foi considerado também o desmonte do estéril)	2.140.000			
Número de furos/ano	5.669	1.996	3.780	1.331
Desmontes de 50 furos/ano	113	40	76	27
Desmontes de 50 furos/dia útil	0,5	0,2	0,3	0,1
Consumo de explosivos Kg/ano	319.000	338.000	310.000	322.000
Pegas de Fogo para a produção de 3.670.000 t/ano de minério tal-qual				
Diâmetro do Furo (mm)	89	150	89	150
Quantidade anual a desmontar (ton) (foi considerado também o desmonte do estéril)	5.240.000			
Número de furos/ano	13.881	4.887	9.255	3.258
Desmontes de 50 furos/ano	278	98	185	65
Desmontes de 50 furos/dia útil	1,1	0,4	0,7	0,3
Consumo de explosivos Kg/ano	781.000	827.000	759.000	790.000

Os diagramas de fogo apresentados no Plano de Lavra são utilizados como primeira aproximação, uma vez que ainda não existe experiência adquirida de utilização de explosivos no desmonte deste maciço rochoso para aquelas produções. Desta forma, os diagramas definidos poderão ser ajustados às características reais do maciço rochoso, com o início dos trabalhos, através da realização de desmontes experimentais que permitam afinar a malha de perfuração, o tipo e a quantidade de explosivos a utilizar.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Elementos De Vibração

As “vibrações” são ondas mecânicas que se propagam em meio específico, conduzindo energia. Recebem o nome de “vibrações sísmicas”, ou “sísmica”, quando propagadas no terreno (solo ou rocha). Em geral as ondas podem ser representadas por dois parâmetros principais definidos por amplitude de propagação (em mm) e frequência de oscilação (em Hz), vide imagem abaixo:

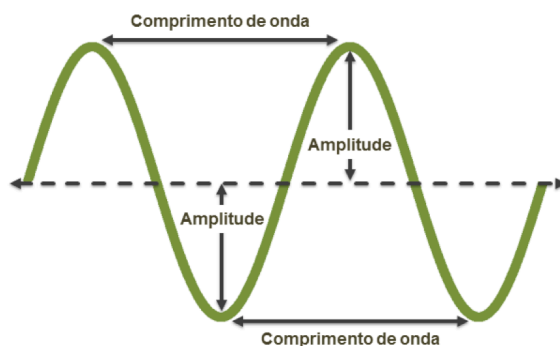


Figura 3 - Parâmetros principais constituintes da onda sísmica
Fonte: (CECAV, 2016)

O parâmetro amplitude está associado à quantidade de energia gerada pela fonte emissora, a qual se propaga no meio sob a forma de ondas. O parâmetro frequência está associado ao número de ondas em um determinado período de tempo.

Caso a onda se propagasse em um cenário fictício de terreno homogêneo e isotrópico, a interferência do meio na atenuação da onda sísmica ao longo da propagação pelo terreno seria nula e a energia sísmica liberada sofreria atenuação somente pelo efeito do espalhamento esférico da onda. À medida que a onda sísmica se propaga, a expansão da área "esférica" de propagação resulta na atenuação natural de amplitude da onda, ainda que a energia permaneça constante. Este é um dos motivos pelo qual, ao se afastar do local da atividade emissora, o nível de vibração sísmica se reduz.

Em casos reais, além do efeito de atenuação sísmica decorrente do espalhamento esférico, a propagação da onda é influenciada pela composição não homogênea e anisotrópica do terreno. Os aspectos geomorfológicos, topográficos e estratigráficos da área de abrangência da propagação da onda sísmica influenciam diretamente na atenuação da vibração.

Sendo assim, a composição geológica e as discontinuidades existentes no terreno têm grande potencial de interferência no grau de atenuação, pois tendem a propiciar a dispersão da vibração (CECAV, 2016).

Há diversas fontes de vibração que podem resultar em incomodidade ao ser humano; danos estruturais em edificações; ou prejudicar o funcionamento de equipamentos sensíveis; sendo necessário estudar os seus efeitos e determinar parâmetros aceitáveis para essas vibrações.

Os esforços dinâmicos suportados pelas estruturas de uma edificação dependem das características da vibração emitidas pelos agentes externos, como amplitude, frequência, tempo de exposição e periodicidade da vibração. O critério de segurança para as estruturas deve ser capaz de levar em conta também a sensibilidade diferenciada de cada estrutura, além dos distintos aspectos das vibrações proveniente das diferentes atividades existentes no entorno.

Já a resposta humana aos efeitos de vibrações é uma mistura de fatores fisiológicos e psicológicos que mudam de pessoa para pessoa sendo, portanto, subjetiva. RAINA (2004) defende que o corpo humano difere das estruturas, bem como na frequência natural, e, de maneira peculiar, cada pessoa pode responder à vibração e à sobre pressão diferentemente, por meio de diferentes posturas, ao sofrer influência como elemento de um ambiente psicossocial. Além disso, as faixas de sensibilidade humana são muito inferiores aos níveis de vibração suportados pelas estruturas, isto é, as pessoas sentem, desconfortavelmente, vibrações que não causam danos às estruturas.

Não existe um consenso sobre valores admissíveis de vibrações em função da resposta humana. E, em geral, a legislação Portuguesa e as normas internacionais não determinam de forma clara o que seria desconforto ambiental e dano estrutural em diferentes níveis.

4.2. Classificação das vibrações quanto à sua duração e ao período de repetição

CECAV (2006) classifica a vibração emitida por uma dada atividade de acordo com o seu período de operação (longa, média ou curta duração); e com a sua magnitude, podendo ser subdividida em três grupos principais:

- **Vibração intermitente:** caracterizada pela sucessão de eventos vibratórios, de curta duração – caso da detonação de explosivos por meio de microrretardos, da atividade de cravação de estacas por impacto e da atividade de compactação dinâmica por batimento:

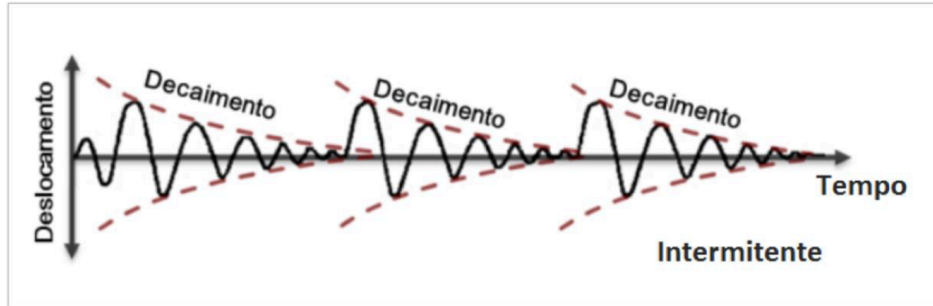


Figura 4 - Classificação das vibrações sísmicas – vibração intermitente
Fonte: (CECAV, 2016)

- **Vibração transiente:** quando os níveis de vibração resultam de um impacto súbito, seguido de um tempo de repouso relativamente prolongado – por exemplo, as vibrações decorrentes de atividades como tráfego de veículos de carga em vias de acesso rodoviário, da passagem de um comboio ferroviário, bem como as decorrentes do carregamento ou descarregamento de material:

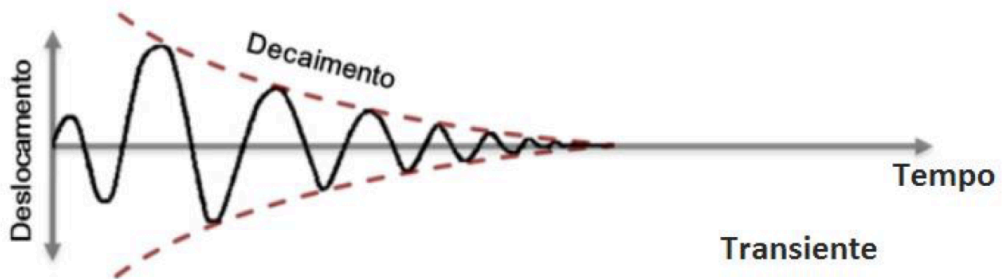


Figura 5 - Classificação das vibrações sísmicas – Vibração transiente.
Fonte: (CECAV, 2016)

- **Vibração contínua:** quando um nível de vibração aproximadamente constante é mantido por um período de tempo significativo (são os casos, por exemplo, das vibrações originadas pelo funcionamento de maquinários pesados em geral tais como as existentes nos processos de britagem):

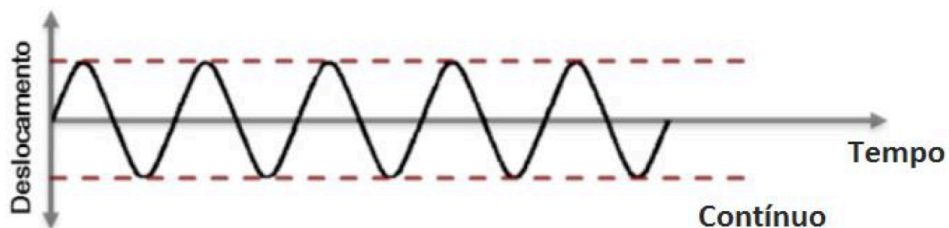


Figura 6 - Classificação das vibrações sísmicas – vibração contínua Fonte: (CECAV, 2016)

Na classificação apresentada, o CECAV (2016) afirma que a excitação estrutural decorrente de vibrações contínuas tende a ser mais prejudicial às estruturas que as vibrações de caráter transiente, uma vez que o período de tempo de exposição a que as estruturas ficam sujeitas à excitação vibracional é mais prolongado. Por esse motivo, os limites de segurança são mais restritivos para vibrações contínuas do que para vibrações transientes; e ambos são inferiores aos limites para vibrações intermitentes.

4.3. Parâmetros de medição

Nos locais situados no entorno da fonte de vibração, a energia transmitida ao terreno é pressentida na forma de uma vibração, que corresponde à passagem, através dos materiais, de ondas sísmicas cuja frente se desloca radialmente a partir do ponto de excitação. Estas ondas produzem um movimento de partículas nos materiais.

Os parâmetros de medição da vibração mais utilizados compreendem a velocidade, a aceleração e o deslocamento da partícula no terreno, juntamente com sua respectiva frequência.

As vibrações do terreno são medidas através da Velocidade de Vibração de Partícula de Pico (V_p) expressa em milímetro por segundo (mm/s). Esse número é o valor máximo instantâneo da velocidade de uma partícula em um ponto durante um determinado intervalo de tempo, considerado como sendo o maior valor dentre os valores de pico das componentes de velocidade de vibração de partícula para o mesmo intervalo de tempo. É este valor que se utiliza para avaliar o potencial de danos das vibrações. Por sua vez, o Pico da Componente de Velocidade de Vibração de Partícula é o máximo valor de qualquer uma das três componentes ortogonais de velocidade de vibração de partícula medida durante um dado intervalo de tempo.

Enquanto uma perturbação ocasionada por uma fonte de vibrações se propaga a partir desta com uma dada velocidade de onda, as partículas do terreno oscilam com uma velocidade de partícula variável. Em qualquer ponto ao longo do percurso, o movimento pode ser definido em termos de três componentes mutuamente perpendiculares (geralmente transversal, vertical e longitudinal ou radial). Para garantir que a velocidade de vibração de partícula de pico seja medida corretamente, as três componentes devem ser medidas simultaneamente.

A velocidade de vibração de partícula de pico consiste no parâmetro recomendado pela legislação nacional e internacional, e por normas técnicas em todo o mundo, concernente à avaliação da

potencialidade de danos em estruturas. Corresponde ao maior nível de vibração, em mm/s, identificado ao longo de todo o período de uma medição.

4.4. Estudo sobre incomodidade e danos em conjunto

Dos estudos existentes sobre os impactos das vibrações induzidas pela atividade humana ao meio ambiente, destaca-se o realizado por WHIFFIN A C e DR LEONARD, *A survey of traffic-induced vibrations, Report LR 418, Design Division, Transport and Road Research Laboratory, UK, 1971.*

Na conclusão desse estudo americano é apresentada uma tabela com os limites de velocidade de partícula, em (mm/s), dividido em seis intervalos; e a Reação Humana e os Efeitos sobre as construções/edificações, nesses intervalos. A tabela é apresentada a seguir:

Tabela 4 - Níveis Recomendáveis de Vibrações

Velocidade de Partícula – Pico (mm/s)	Reação Humana	Efeitos sobre as Construções/Edificações
0 - 0,15	Imperceptível pela população. Não incomoda	Não causam danos de nenhum tipo
0,15 a 0,30	Limiar de percepção. Possibilidade de incómodo	Não causam danos de nenhum tipo
2	Vibração perceptível	Vibrações máximas recomendadas para ruínas e monumentos antigos
2,5	Vibrações contínuas. Produzem incómodos na população	Virtualmente, não há risco de dano arquitetural às construções normais
5	Vibrações incomodativas	Limiar, no qual existe risco de danos às construções
10 - 15	Vibrações desagradáveis	Causam danos arquiteturais às residências

Observações:

- Os valores de velocidade referem-se ao componente vertical da vibração.
- A medição para avaliação da resposta humana é feita no ponto onde está se localiza.
- Para edificações, o valor refere-se à medição realizada no solo.
- Consideram-se, na aplicação destes parâmetros, os movimentos vibratórios com frequência acima de 3 Hz.
- As recomendações de níveis de vibração realçadas em amarelo são adotadas por agências de controle ambiental para avaliações de vibração induzidas à vizinhança.

Fonte: WHIFFIN A C e DR LEONARD, 1971 (adaptada).

4.5. Critérios para vibrações

4.5.1. Norma NP 2074 (1983)

A Norma NP 2074 (1983), “Avaliação da influência em construções de vibrações provocadas por explosões ou solicitações similares” define o valor limite para a velocidade da vibração de pico (vL),

como um produto de três factores, destinados a contemplar o tipo do terreno de fundação (α), o tipo da construção (β), e a periodicidade diária das solicitações (γ):

$$v_L = \alpha \beta \gamma \cdot 10^{-2} \text{ [m.s}^{-1}\text{]}$$

Com o auxílio da equação anterior e dentro da gama possível das constantes, podem ser resumidas todas as situações previstas, e os correspondentes valores admissíveis, previstos na referida norma, conforme se ilustra no quadro seguinte.

Tabela 5 - Valores de velocidade de vibração admissíveis

Tipos de Construção (que afetam os valores da constante β)	Características do terreno (que afetam os valores da constante α)					
	Solos incoerentes; areias e misturas areia-seixo bem graduadas; areias uniformes; solos coerentes moles e muito moles		Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; solos incoerentes compactos; areias e misturas areia-seixo graduadas; areias uniformes		Rochas e solos coerentes rijos	
	Cp <= 1.000 m/s		1.000 m/s < cp < 2.000 m/s		Cp >= 2.000 m/s	
	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 0,7$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 0,7$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 0,7$
Construções sensíveis	2,50	1,75	5,00	3,50	10,00	7,00
Construções correntes	5,00	3,50	10,00	7,00	20,00	14,00
Construções reforçadas	15,00	10,5	30,00	21,00	60,00	42,00

Cp – Velocidade de propagação das ondas sísmicas longitudinais no terreno (rocha ou solo)

Nota: Em cada situação, a constante γ é aplicada no sentido de reduzir em 30% ($\gamma = 0,7$) os valores da velocidade caso se efetuem mais de três detonações diárias, ou seja, se for aplicada uma fonte vibratória permanente ou quase.

É de referir que esta Norma tem revisão prevista há uma série de anos, tendo vários autores apontado diferentes critérios e limites, todos eles convergindo no entanto num aspecto que é a necessidade de incluir o tipo de conteúdo em frequência da onda vibratória na definição desses limites. É um aspecto importante na medida em que a presença de um forte conteúdo de baixas frequências (por exemplo, abaixo de 10Hz) implica riscos mais elevados de danos em edifícios devido à maior possibilidade de excitação de frequências naturais da estrutura do edifício do que em casos com componentes dominantes em frequências mais elevadas.

No quadro seguinte resume-se uma proposta de revisão da Norma que vem sendo discutida já há algum tempo.

Tabela 6 - Limites estabelecidos na proposta de revisão da NP 2074, para a velocidade da vibração de pico (mm.s⁻¹)

VL (mm.s ⁻¹)	Frequência predominante no espectro de vi(t)		
	f < 10 Hz	10 < f < 40 Hz	f > 40 Hz
	Tipos de Terrenos		
Tipos de Construção:	Solos fracos (s ₁) C < 1.000 m.s ⁻¹	Solos médios (s ₂) 1.000 < c < 2.000 m.s ⁻¹	Solos rijos (s ₃) C > 2.000 m.s ⁻¹
Construções sensíveis (e ₁)	1,3 – 1,8 – 2,5	2,5 – 3,5 - 5,0	5,0 – 7,0 - 10,0
Construções correntes (e ₂)	2,5 – 3,5 – 5,0	5,0 – 7,0 – 10,0	10,0 – 14,0 – 20,0
Construções reforçadas (e ₃)	6,5 – 9,0 – 12,5	12,5 -17,5 - 25	25,0 – 35,0 – 50,0

Notas:

- Os primeiros valores são adequados para um número total de vibrações superior a cem; os segundos para um número diário de vibrações superior a três; e os terceiros valores valem para três ou menos vibrações diárias;
- A grandeza a medir é a componente mais significativa da velocidade de vibração (PPV);
- "f" é a frequência predominante no espectro de velocidade.

4.5.2. Critérios do L.N.E.C.

Para as vibrações continuadas, enquanto não são publicadas normas portuguesas, o L.N.E.C. sugere uma série de critérios em termos de valores limite da velocidade eficaz da vibração, v_{ef}, no local, que se indicam seguidamente. Relativamente a danos nas edificações correntes (excluindo monumentos e edifícios sensíveis), o L.N.E.C. sugere os critérios que constam na tabela que se segue.

Tabela 7 - Critérios L.N.E.C. – Danos: Valores Limite da Velocidade Eficaz da Vibração, no local.

Danos: Valores Limite da Velocidade Eficaz da Vibração, no Local	
V _{ef} (mm/s)	Efeitos
V _{ef} < 3,5	Praticamente nulos
3,5 < V _{ef} < 7	Possibilidade de danos cosméticos em edifícios antigos
7 < V _{ef} < 21	Fendilhação ligeira nos revestimentos
21 < V _{ef} < 42	Fendilhação acentuada nos revestimentos e alvenarias
42 < V _{ef}	Danos consideráveis; possível fendilhação da estrutura de betão armado

Nota: Componente vertical, ou horizontal se esta for mais significativa

Relativamente a incomodidade para os seres humanos, nas suas habitações ou em locais de trabalho intelectual, o L.N.E.C. sugere os critérios que constam na tabela que se segue.

Tabela 8 - Critérios L.N.E.C. - Incomodidade: Valores Limite da Velocidade Eficaz da Vibração, no Local.

Incomodidade: Valores Limite da Velocidade Eficaz da Vibração, no Local	
V_{ef} (mm/s)	Sensação
$V_{ef} < 0,11$	Nula
$0,11 < V_{ef} < 0,28$	Perceptível, suportável para pequena duração
$0,28 < V_{ef} < 1,10$	Nítida, incómoda, podendo afetar as condições de trabalho
$V_{ef} > 1,10$	Muito nítida, muito incómoda, reduzindo as condições de trabalho

Nota: Componente vertical, ou horizontal se esta for mais significativa

4.6. Critérios para onda sonora

Qualquer explosão origina ondas vibratórias impulsivas que se propagam tanto por via sólida (vibrações) como por via aérea (onda sonora), sendo esta última um caso particular de ondas tipo P, que são longitudinais e se propagam através de movimentos sucessivos de compressão e rarefacção.

Para a onda aérea não se conhece quadro normativo aplicável em Portugal, dado nem se enquadrar nos critérios apresentados para as vibrações, nem se enquadrar no Regulamento Geral do Ruído (DL 9/2007), que trata essencialmente de ruídos audíveis e continuados, caracterizados pelo parâmetro LAeq (nível sonoro contínuo equivalente ponderado A), sem prejuízo de se poder avaliar o seu efeito na aplicação do critério de incomodidade na componente audível. Tal no entanto está fora do âmbito do descritor de Vibrações, dado ser tratado no descritor Ruído.

Na verdade, os efeitos da onda aérea provocada por explosões, que é uma onda de choque, altamente impulsiva, correlacionam-se muito mais com os efeitos das ondas de solo do que com os do ruído na aceção comum do termo. A onda de choque aérea, tal como as de solo, podem provocar danos em edifícios, como sejam a quebra de vidros e de outros elementos mais frágeis dos edifícios, e é descrita em termos de valor máximo de pico, sem qualquer ponderação frequencial, ou seja, em malha linear (dB-L).

Em termos de incómodo e reacção adversa da população afectada, a onda sonora pode ser até mais relevante que as vibrações transmitidas por via sólida, provocando por exemplo o estremecer de janelas, e criando receio de danos na habitação.

O quadro seguinte apresenta os efeitos espectáveis no ser humano e em edifícios de ondas sonoras com diversos valores de pico em dB Linear.

Tabela 9 - Efeitos da Onda Sonora (adaptado do livro Vibration Control, editado por Mickaël Lallart)

L _{pico} em dB Linear	Efeitos no ser humano e em edifícios
180	Danos estruturais
170	Maioria dos vidros de janelas quebram-se
160	
150	Alguns vidros de janelas quebram-se
140	Limite para ruído de pico no DL 182/2006 (em dB©) relativo a exposição de trabalhadores
135	Nível de ação inferior para ruído de pico no DL 182/2006
120	Limiar da dor para ruído contínuo
110	Possíveis reclamações
100	Limite da Norma da OSHA para exposição de 15 min/dia em locais de trabalho
90	
80	Limite da Norma da OSHA para exposição de 8 min/dia em locais de trabalho

4.7. Critério de distância a recetores sensíveis

Quando não existem registos de vibrações, pode usar-se, numa primeira aproximação, o critério de dano do USBM (United States Bureau of Mines), segundo o qual, a distância de segurança D (m), deverá relacionar-se com a carga de explosivo por retardo Q (Kg) através da relação:

$$D \geq 22,5 \cdot Q^{1/2}$$

5. SITUAÇÃO INICIAL

A situação inicial na envolvente do projecto, no que respeita a vibrações, foi caracterizada através de medições da velocidade de pico de partícula em dois pontos, identificados na figura seguinte.

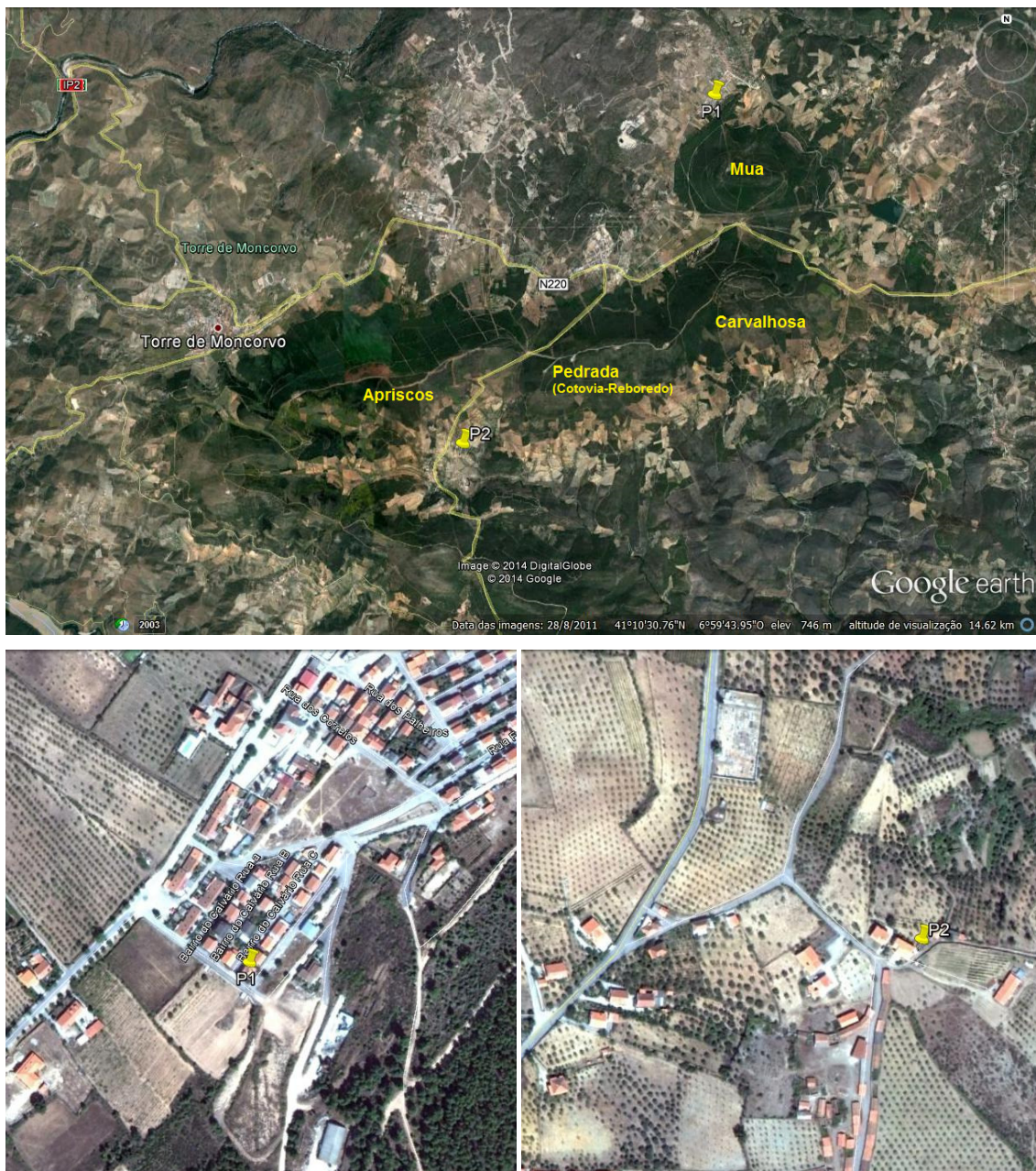


Figura 7 - Localização dos pontos de medida.

Tabela 10 - Identificação dos Pontos de Medida

Pontos de Medição	Local de Medição	Fontes de Vibração	Fotos de Localização
P1	Junto de moradia unifamiliar na povoação de Felgar, a Norte da futura zona de exploração da Mua Coordenadas: 41°12'18.85"N 6°57'39.47"W	Fontes Naturais e Tráfego Rodoviário	
P2	Junto de moradia unifamiliar na povoação de Felgueiras, a sul da futura zona de exploração de Apriscos Coordenadas: 41°9'23.96"N 7°0'27.60"W	Fontes naturais e tráfego rodoviário	

A preparação e realização das medições foram efetuadas de acordo com a metodologia descrita na norma a ISO 4866. Foram recolhidas amostragens na direção vertical e numa direção horizontal. Os pontos de amostragem localizaram-se na soleira de portões de entrada das moradias, junto a pilares dos respetivos muros.

Em cada situação foram medidos os valores de vibração através dos parâmetros aceleração (m/s²) e/ou velocidade (m/s) nas frequências de 0,8 Hz a 200 Hz, sendo estas expressas valor máximo de pico.

Os resultados são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 11 – Resultados das medições (expressos em micrómetros por segundo)

Ponto	Memória	Valor de velocidade – $\mu\text{m/s}$	
		Canal 1 - Horizontal	Canal 3 - Vertical
P1	83	1,0	0,7
	85	1,3	0,7
	86	0,8	0,9
P2	78	4,1	6,7
	79	0,7	0,5
	80	1,6	0,7
	81	0,6	0,5
	82	1,6	0,8

Observa-se que os valores de velocidade de vibração são muito baixos, o que se compreende tendo em conta a localização dos pontos de medida, afastados de estradas com movimento de pesados e de outras fontes de vibração.

Desta forma, a situação inicial da envolvente do projecto caracteriza-se por reduzidos valores de vibrações, sendo no entanto de destacar como potenciais fontes de vibração identificadas:

- Operações de desmonte e britagem na pedreira da Mata dos Zimbros;
- Tráfego de pesados na N220 – efeito potencial localizado (habitações à beira da estrada);
- Tráfego de pesados noutras estradas, designadamente no acesso à pedreira da Mata dos Zimbros – efeito potencial localizado (habitações à beira da estrada).

Não estando previstos outros projectos de relevo que possam alterar significativamente o cenário de vibrações existentes na zona de estudo, podemos considerar que, na prática, a situação de referência (situação futura na ausência do projecto), em termos de vibrações, coincidirá com a situação inicial caracterizada anteriormente.

6. MEDIDAS COMPENSATÓRIAS E DE MINIMIZAÇÃO

A principal medida de minimização consiste em executar, logo no início da fase de exploração, uma campanha de medição de vibrações e, caso se verifique necessário em função dos resultados obtidos, adequar o tipo de explosivo, a carga por furo, o número de retardos por furo e entre furos e o faseamento do desmonte. Recomenda-se ainda:

- Definir e sinalizar, previamente, os trajetos a utilizar pelos veículos, equipamentos móveis e maquinaria, de modo a restringir a sua movimentação às áreas estritamente necessárias às atividades de exploração;
- Efetuar uma manutenção periódica adequada dos equipamentos e viaturas, de modo a prevenir o ruído e vibrações excessivas;
- Limitar a velocidade de circulação das viaturas;
- Realizar a exploração, à cota mais elevada, durante um período de tempo consecutivo reduzido;
- Limitar a perturbação, não só aos locais indispensáveis, como ao menor período de tempo possível;
- Manter o acesso às zonas de exploração em bom estado de conservação;
- Evitar a movimentação de cargas na proximidade de recetores sensíveis.

7. IMPACTES

A atividade mineira origina um conjunto de tarefas que se relacionam com o desmonte do minério e a sua fragmentação, facilitando assim a sua remoção, transporte e processamento/beneficiação. Estas ações são susceptíveis de originar vibrações nos maciços, ruído, gases, poeiras e projecções de material particulado que podem causar danos às estruturas e meio envolvente.

Não estando previstos outros projetos de relevo que possam alterar significativamente o cenário de vibrações existentes na zona de estudo, pode-se considerar que, na prática, a situação de referência (situação futura na ausência do projecto), em termos de vibrações, coincidirá com a situação inicial caracterizada na Situação de Referência. O facto de a atividade de extração decorrer a céu aberto minimiza os efeitos da libertação de gases e, por esta se encontrar relativamente distante das habitações mais próximas, minimiza a possibilidade de acidentes provocados por eventuais projecções de materiais particulados.

Poderá observa-se que, os principais impactes ambientais ao nível das vibrações, surgem apenas durante a fase de Exploração e Desmorte, onde serão utilizados explosivos para as atividades de extração por desmorte.

Num outro nível de análise, consideram-se as vibrações que resultam da presença de pavimentos irregulares, nos quais as máquinas e camiões têm que circular, e de estruturas oscilantes devido ao funcionamento da instalação de britagem e dos equipamentos da lavaria (vibrações no sistema corpo inteiro).

Assim, proceder-se-á à identificação dos potenciais impactes ambientais das atividades de perfuração, carga, transporte, tratamento e beneficiação, sempre que tal se considere justificável.

7.1. Exploração e Desmorte

Durante a fase de exploração e desmorte, a alteração dos níveis de vibrações terá duas origens: as obras de preparação dos terrenos, construção de caminhos e plataformas e as atividades de extração por desmorte com recurso a explosivos.

Durante a fase de obras de preparação dos terrenos, construção de caminhos e plataformas, os níveis de vibrações estarão associados às atividades de desmatção, de decapagem das zonas a ocupar, a traçagem e melhoria de acessos para servir os trabalhos mineiros, a construção da lavaria, das instalações sociais e de apoio, dos britadores móveis, dos diversos sistemas de abastecimento e escoamento, da operação de veículos e equipamentos pesados, entre outros. Estas atividades poderão perturbar temporariamente os recetores sensíveis mais próximos destas atividades.

Será durante as operações de extração por desmorte com recurso a explosivos que a componente vibrações poderá ter maior impacte, devido às explosões associadas às operações de desmorte.

De acordo com o Plano de Lavra, as operações principais que compõem o método de desmorte utilizado para a exploração dos depósitos minerais apresentam-se na tabela seguinte.

Tabela 12 – Operações principais de desmorte

1. Perfuração	2. Carregamento	3. Detonação	4. Remoção
Fragmentação localizada da rocha, através de equipamento de perfuração (Wagon-drill) para colocação de explosivos	Colocação do explosivo no interior dos furos	Detonação do explosivo e consequente desmorte do maciço rochoso	Remoção do material desmontado, com recurso a equipamentos de carregamento e transporte

Numa primeira análise, e tendo em conta os diagramas de fogo já apresentados, e considerando o carregamento de explosivo por furo para cada uma das alturas de bancada, foi aplicado o critério de dano do USBM (United States Bureau of Mines), segundo o qual, a distância de segurança D (m), deverá relacionar-se com a carga de explosivo por retardo Q (Kg) através da relação:

$$D \geq 22,5 \times Q^{1/2}$$

Os resultados são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 13 - Distância de segurança em função da carga de explosivo por retardo

Q (carga explosiva por retardo, em Kg)	D (distância de segurança entre fonte e recetor, em metros)
242	350
169	293
82	204
56	168

Estes dados mostram claramente a dependência da distância crítica em função das 4 diferentes quantidades de explosivo previstas nos diagramas de fogo (cf. Plano de Lavra).

Esta abordagem, no entanto, não leva em linha de conta o tipo de maciço rochoso, pelo que se apresentam seguidamente gráficos com os resultados da aplicação da fórmula de Jonhson, considerando os seguintes valores para as constantes a, b e c.

- a = 380 (Hematite)
- b = 0,73 (Hematite)
- c = -1,5 (valor intermédio entre dispersão esférica e circular)

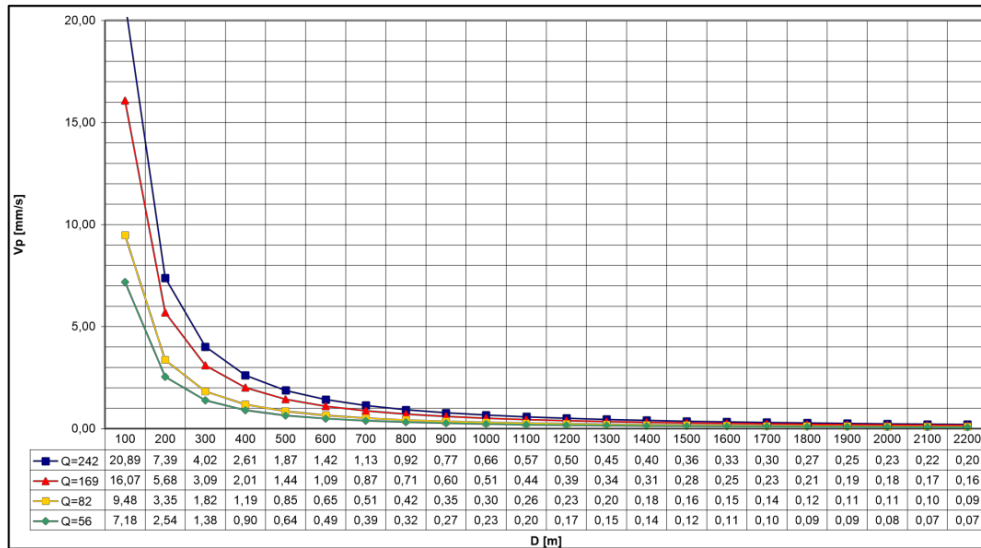


Figura 8 – Gráfico da velocidade vibratória de pico versus distância à detonação para 4 cargas explosivas diferentes

Os recetores sensíveis potencialmente mais afetados para cada zona de exploração serão os que se encontram mais próximos dos limites de cada uma dessas zonas. Esses recetores estão identificados na carta na imagem 11 em que se indicam também as distâncias entre cada recetor e o limite de exploração de cada zona, que se assume como o limite máximo até onde poderão ocorrer detonações (pior caso). Apesar dos dados deste Relatório terem sido obtidos no âmbito da avaliação do Estudo Prévio de 2014, as conclusões a retirar do mesmo mantêm-se aplicáveis à presente análise, já que as potenciais áreas geradoras de impactes vibráticos se mantêm as mesmas.

O valor de pico de vibração foi estimado para cada recetor sensível e para cada carga, de acordo com a fórmula de Johnson, para o pior caso possível: detonação a ocorrer no limite de exploração mais próximo do recetor.

Tabela 14 - Valores de pico máximo de vibração previstos para os recetores sensíveis mais críticos

Ponto Recetor	Mina	Dmin	Vmax (mm/s) para:			
			Q = 242 kg	Q = 169 kg	Q = 82 kg	Q = 56 kg
P01	Mua	756	1,006	0,774	0,457	0,346
P03	Mua	591	1,453	1,118	0,660	0,499
P04	Mua	1325	0,433	0,333	0,196	0,149
P05	Mua	1967	0,239	0,184	0,109	0,082
P06	Carvalhosa	448	2,200	1,693	0,999	0,756
P07	Carvalhosa	634	1,309	1,007	0,594	0,450
P16	Carvalhosa	837	0,862	0,663	0,391	0,296

P02A	Pedrada	1137	0,545	0,419	0,247	0,187
P08	Pedrada	333	3,436	2,644	1,559	1,180
P11	Pedrada	190	7,993	6,150	3,627	2,746
P12	Pedrada	1086	0,584	0,449	0,265	0,201
P02B	Reboredo/Apriscos	627	1,331	1,024	0,604	0,457
P13	Reboredo/Apriscos	1453	0,377	0,290	0,171	0,130
P14	Reboredo/Apriscos	1781	0,278	0,214	0,126	0,095
P15	Reboredo/Apriscos	623	1,344	1,034	0,610	0,462

Da tabela anterior conclui-se o seguinte:

- De uma forma geral as previsões indicam que, mesmo para os piores casos possíveis (recetores sensíveis mais próximos do limite de exploração da mina e detonação no ponto do limite de exploração mais próximo do recetor), as velocidades de pico de vibração se situam abaixo dos limites inferiores especificados na NP 2074, ou seja, para construções sensíveis em solos incoerentes e com mais de 3 detonações diárias (1,75 mm/s);
- O acima referido apenas não se verifica nos pontos P06, P08 e P11, sendo no entanto pertinente observar que nos casos de P06 e P08 os valores da Norma para o caso mais crítico (solos incoerentes e construção sensível) só seriam ultrapassados caso ocorressem mais de 3 detonações diárias com cargas de 242 ou de 169 Kg o que não está previsto nos diagramas de fogo, que preveem apenas uma detonação diária quando se utilize essas cargas;
- O ponto P11 é o mais crítico, sendo recomendável avaliar o tipo de construção e de solo existente no local. Tratando-se de uma construção de apoio agrícola (Figura 9), caso se trate de uma construção corrente em solo coerente ou incoerente compacto, os limites da Norma



Figura 9 - Construção de apoio agrícola referente ao P11

- Seguidamente apresenta-se ainda um gráfico com a atenuação com a distância do nível de pressão sonora de pico, em dB linear, decorrente da detonação das várias cargas previstas, de acordo com a expressão do livro Vibration Control, editado por Mickaël Lallart:

$$dBL = 164.4 - 24 \log (D/ Q^{1/3})$$

à qual se subtraíram 10 dB para dar conta do efeito mínimo previsível de atenuação adicional por efeito de barreira dos próprios taludes da mina em relação aos recetores sensíveis.

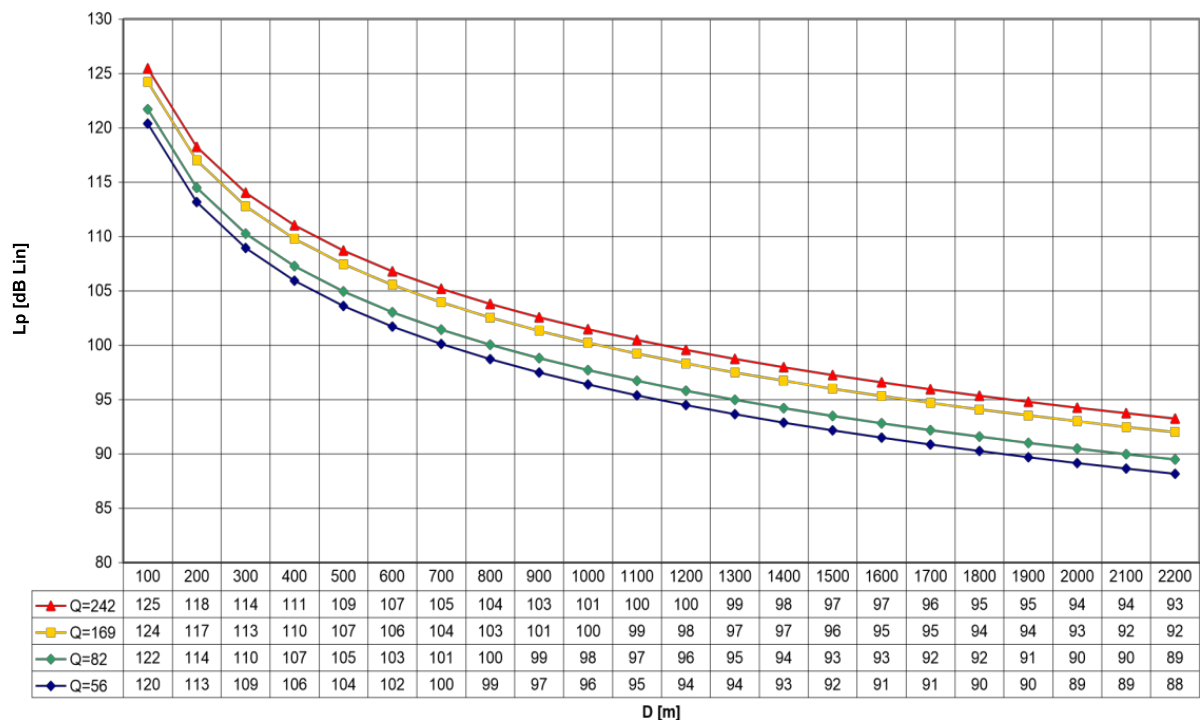


Figura 10 - Gráfico nível de pressão sonora de pico versus distância à detonação para 4 cargas explosivas diferentes

Tendo em conta as distâncias dos recetores sensíveis mais críticos aos pontos de detonação mais próximos, não se preveem valores superiores a 120 dB, não havendo qualquer risco de danos em edifícios provocado pelas ondas aéreas. Nos pontos a menos de 500 m das detonações, a utilização das cargas mais potentes poderá dar origem a reclamações, dado preverem-se valores de pico acima de 110 dB.

Face a esta avaliação consideram-se os impactes do descritor de vibrações como negativos e de magnitude reduzida, certos, de efeito direto, temporários e restritos às atividades de preparação dos locais e construção de infraestruturas (veículos e equipamentos pesados) e de atividades de desmonte (veículos e equipamentos pesados e uso de explosivos). Estes impactes serão significativos, mas de curta duração e reversíveis, uma vez que cessam com o fim da atividade mineira.

7.2. Beneficiação Primária e Secundária

Durante a fase de beneficiação primária e secundária, a alteração dos níveis de vibrações terá como origem as obras de preparação dos terrenos, instalações e equipamentos.

Lavaria

Prevê-se a implantação da Lavaria, que inclui os equipamentos de britagem, moagem e todos os equipamentos de multiprocessamento e respetivas instalações sociais e de apoio, a sul da Jazida da Pedrada, numa área com cerca de 20 hectares, na qual ocupará 8 a 10 hectares sendo a restante área ocupada com acessos e estacionamento temporário de rejeitados. Situa-se numa área de menor declive, entre o sopé da Pedrada e o vale da Ribeira de Santa Marinha, entre as cotas 665 e 640. Situa-se respetivamente a 1.000m a Sudoeste da Quinta do Corisco e 1.500m a Sudeste de Felgueiras, e por isso, suficientemente afastada das áreas habitadas.

Desta forma, e relativamente aos potenciais impactes vibráticos expectáveis, estes referem-se às atividades de preparação dos locais e construção de infraestruturas (veículos e equipamentos pesados), considerando-se os mesmos como negativos, de magnitude reduzida, certos, de efeito indireto, temporários e restritos às atividades de preparação dos locais e construção de infraestruturas (veículos e equipamentos pesados). Estes impactes serão ainda pouco significativos, de curta duração e reversíveis.

Transporte Lavaria/Expedição

Não são considerados impactes vibráticos do transporte lavaria/expedição. De facto, a emissão de vibrações geradas pela passagem dos camiões de transporte de minério não será perceptível pelos aparelhos de medição nem de fácil estimativa. Refere-se igualmente que, devido ao bom estado das vias de circulação, o impacte vibrático gerado pelo transporte será negligenciável, considerando-se a inexistência de incómodo para as povoações atravessadas.

8. PLANO DE MONITORIZAÇÃO

No início da exploração, ou previamente em fase de testes, uma vez realizadas as primeiras pegadas de fogo, deverá utilizar-se a equação de Johnson para, com base nas leituras dos sismógrafos e na medição rigorosa das distâncias e nas cargas explosivas usadas por retardo, estabelecer as constantes a, b e c que melhor se correlacionam com os resultados obtidos.

A equação que apresente o melhor coeficiente de correlação, desejavelmente próximo de 100%, será escolhida como lei de propagação das vibrações característica do local, desde que essas constantes estejam de acordo com as ordens de grandeza conhecidas, publicadas na bibliografia da especialidade, para a litologia.

Em fase de exploração, a monitorização das vibrações induzidas pelos desmontes a realizar nas áreas de exploração visa verificar o cumprimento do critério estabelecido na norma NP2074 de 1993, "Avaliação da influência em construções de vibrações provocadas por explosões ou solicitações similares", que determina os valores de pico da velocidade vibratória a partir dos quais podem ocorrer efeitos nocivos em estruturas civis.

A análise dos valores de pico da velocidade vibratória permite estabelecer quantidades máximas de explosivo a utilizar em cada local, em função das distâncias às estruturas a preservar e da tipologia do substrato geológico, de forma a garantir o pleno cumprimento da NP- 2074 e assegurar o manuseamento seguro das substâncias explosivas.

Parâmetros a avaliar

Valor de pico da velocidade vibratória (mm/s) e frequência (Hz).

Locais de Amostragem

As medições das vibrações resultantes da utilização de explosivos devem ser efetuadas na envolvente da área de exploração, nas habitações mais próximas, preconizando-se desde já a monitorização nos pontos já simulados, de acordo com o faseamento da exploração, ou seja, nos pontos próximos da mina que se encontrar em exploração numa dada fase.

A tabela seguinte identifica os pontos a monitorizar para cada fase:

Tabela 15 – Pontos a monitorizar em cada fase exploração das minas

Ponto Recetor	Mina	Dmin	X	Y
P01	Mua	756	98309.76	171324.82
P03	Mua	591	97900.37	170762.99
P04	Mua	1325	100051.36	171471.50
P05	Mua	1967	101277.84	169635.51
P06	Carvalhosa	448	99687.90	167302.29
P07	Carvalhosa	634	98126.88	166798.11
P16	Carvalhosa	837	97558.79	168699.94
P02A	Pedrada	1137	94470.53	165887.95
P08	Pedrada	333	97902.05	166740.84
P11	Pedrada	190	95970.29	166330.20
P12	Pedrada	1086	96961.58	168677.95
P02B	Reboredo/Apriscos	627	94470.53	165887.95
P13	Reboredo/Apriscos	1453	94141.68	168803.42
P14	Reboredo/Apriscos	1781	91392.25	167504.97
P15	Reboredo/Apriscos	623	93775.27	165783.39

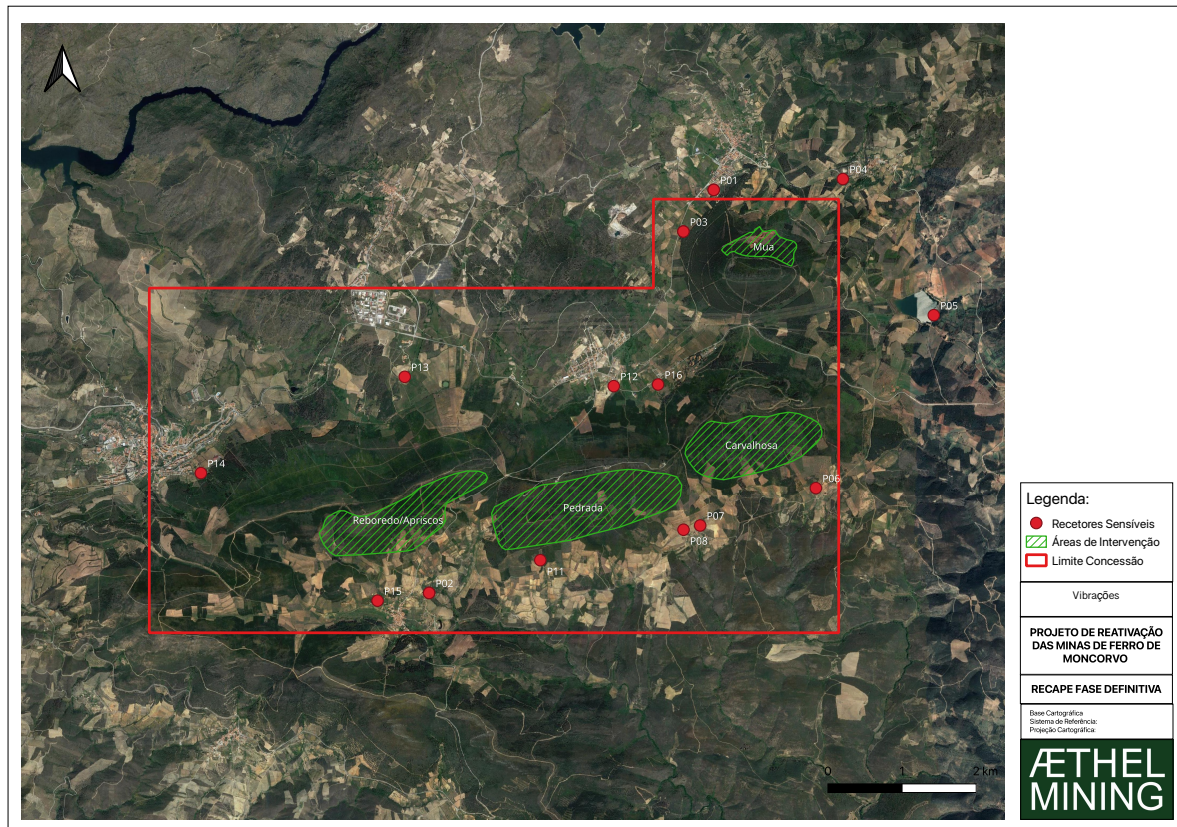


Figura 11 - Localização dos Pontos a Monitorar

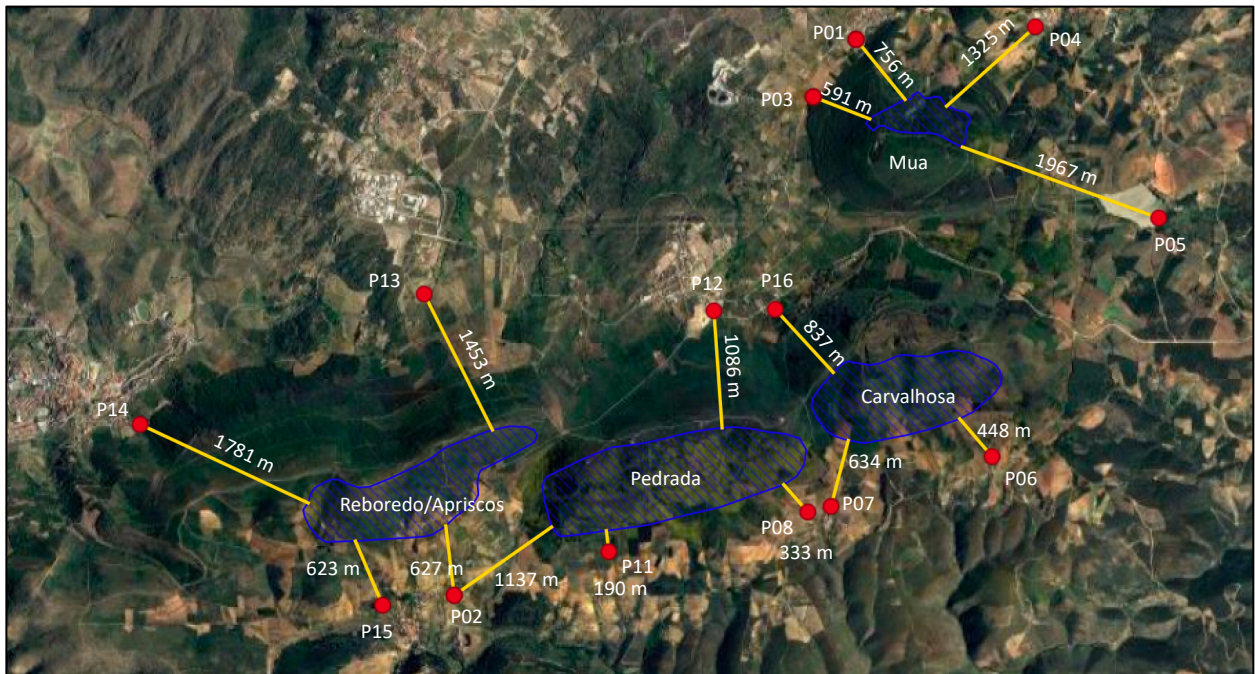


Figura 12 - Distâncias dos pontos a monitorar à corta mais próxima

Técnicas e métodos de análise

A determinação da velocidade de vibração de pico deve ser efetuada com recurso a um equipamento digital do tipo sismógrafo ou analisador de vibrações, equipado com um transdutor, do tipo geofone triaxial ou acelerómetro triaxial que permitam a medição segundo três direções (radial, transversal e vertical) dos seguintes parâmetros:

- Velocidade de pico das vibrações segundo as três direções (radial, transversal e vertical) – PPV (mm/s);
- Resultante da velocidade de pico das partículas – RPPV (mm/s);
- Frequência – f (Hz).

Estes valores devem ser traduzidos, em cada um dos ensaios, de forma gráfica através de software próprio.

Os resultados obtidos devem ser apresentados de forma direta, permitindo a transferência de dados para computador, possibilitando a apresentação gráfica que faculte ainda a observação do comportamento da onda sísmica no tempo, possibilitando uma eventual correção do agente perturbador. Devem ser registadas as quantidades de explosivo detonado, o número de furos e retardos utilizados e a distância entre o local de detonação e o local de medição.

Frequência de Amostragem

Devem ser realizadas, no mínimo, duas campanhas de medição por ano, no entanto, podem ser definidas medições suplementares no caso de ocorrerem situações de incomodidade.

Duração do programa

O programa deve ser mantido durante a fase de exploração.

Resultados expectáveis e medidas a implementar

Conformidade com o disposto na norma NP2074 “Avaliação da influência em construções de vibrações provocadas por explosões ou solicitações similares”.

Causas de provável desvio:

- Utilização de explosivo em excesso;
- Ocorrência de uma formação geológica de características não conhecidas.

Medidas de gestão ambiental a adotar em caso de desvio:

- Reforço da inspeção sobre a quantidade de explosivo a utilizar;
- Redimensionamento do diagrama de fogo.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desmonte de rochas, atividade na qual são empregadas técnicas e equipamentos para a remoção de rochas (perfuração, carregamento de explosivos e detonação) é uma das principais preocupações ambientais num projeto mineiro. O uso de explosivos para o desmonte da rocha, ainda que atenda a todas as restrições técnicas e legais e que seja executado por pessoal bem treinado e com experiência costuma gerar muitas dúvidas e medo devido à associação com algo negativo ou com potencial de destruição. Foram identificados os principais problemas ambientais decorrentes de uma detonação de explosivos, destes a propagação da vibração do terreno e a sobrepressão atmosférica podem ser considerados impactos mais relevantes.

A energia vibratória gerada pelo tráfego de veículos leves e pesados são uma fonte de poluição ambiental pouco estudada. A forma mais eficaz de atenuação da energia vibratória é o aumento da distância entre o receptor e a fonte, o que normalmente é obtido com os recuos definidos pelas leis de zoneamento urbano e pela faixa de domínio. O efeito da energia vibratória nas edificações varia de acordo com o tipo de estrutura e fundação, sua altura e o tipo de solo. As construções que possuem estrutura em aço ou betão armado tendem a receber melhor os efeitos da vibração. Em contrapartida, as construções antigas e patrimônios históricos, edificados com materiais menos resistentes, em algumas situações mal conservadas, podem sofrer desde trincas estéticas até danos estruturais irreversíveis quando expostas a elevados níveis de vibração.

A vibração gerada pelo tráfego rodoviário é função da velocidade dos veículos, de seu peso e das condições do pavimento existente. A geração de energia vibratória aumenta quando há irregularidades na via, que amplificam o impacto das suspensões dos veículos, principalmente nos solos de baixo amortecimento. Os pavimentos irregulares, como os prismáticos (paralelepípedos) à base de rochas ígneas (granitos), são os que geram mais energia vibratória, sendo a pavimentação asfáltica de boa qualidade uma medida mitigadora eficiente.

O aumento do tráfego de veículos pesados podem vir a gerar vibrações que podem causar incômodos e transtornos aos moradores mais próximos, mas essas vibrações não são capazes de gerar, potencializar ou mesmo antecipar o aparecimento de anomalias e/ou manifestações patológicas nas edificações, mesmo as mais precárias. No entanto quando a exploração entrar em atividade deverão ser efetuados novos estudos e medições por forma a garantir que as circunstâncias se mantêm.

Foram descritos os critérios normativos e outros aplicáveis aos fenómenos vibráticos associados ao projecto e descritos os mesmos, apresentando-se a formulação utilizada para prever os valores de

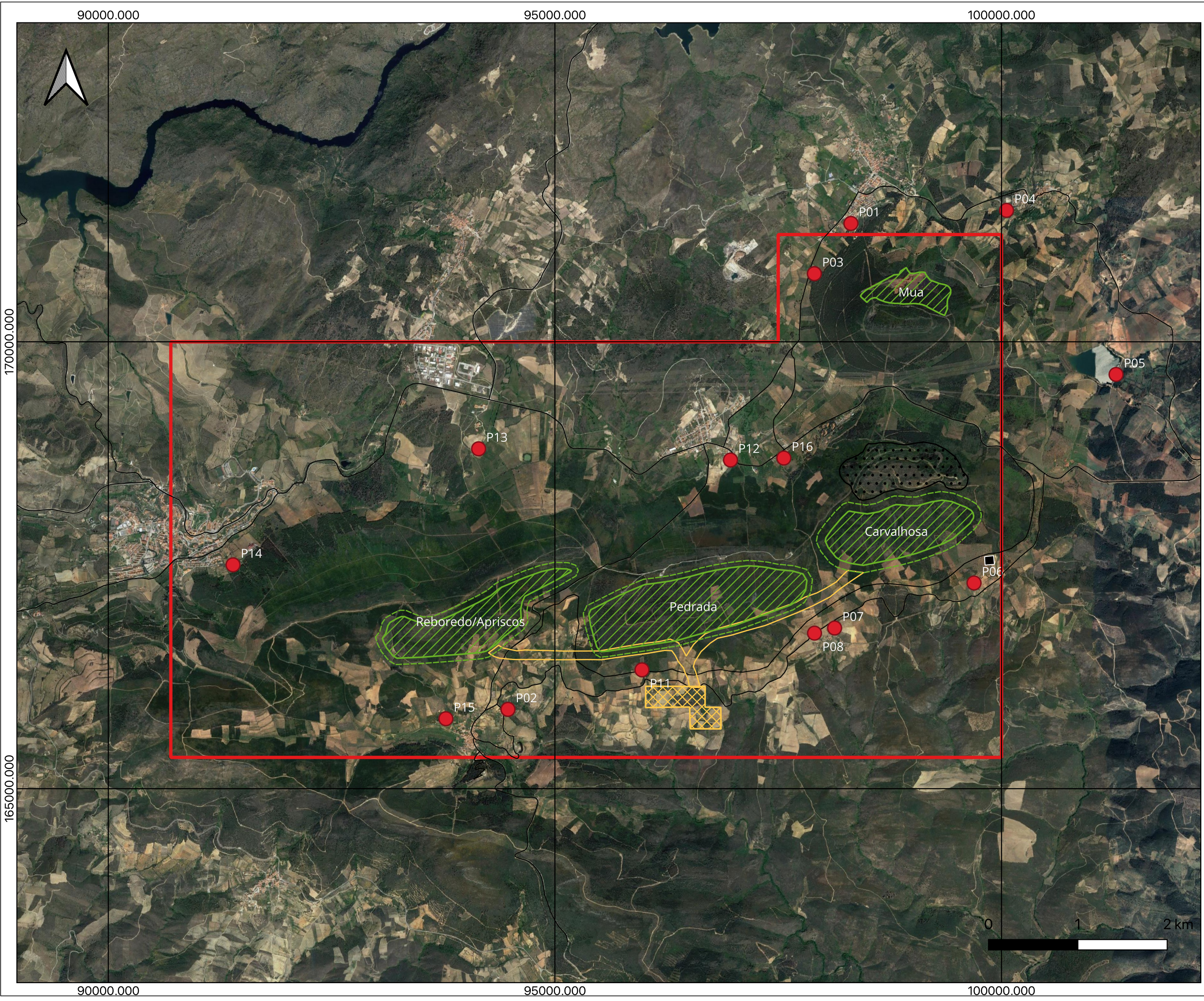
pico de vibração nos receptores sensíveis potencialmente mais afectados, tendo estes sido previamente identificados.

O levantamento da situação inicial foi realizado mediante medições de vibrações realizadas in situ, das quais se concluiu não existirem vibrações significativas na envolvente da futura zona de exploração. A situação inicial caracterizada corresponderá à situação de referência, na medida em que não estão previstos para a zona outros projectos que possam alterar significativamente o cenário actual para além do projecto em estudo.

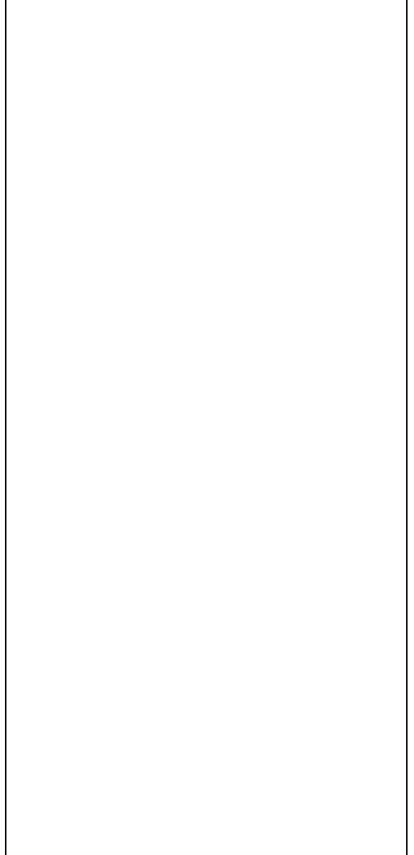
Foram analisados os principais impactos vibráticos decorrentes da fase de construção e, sobretudo, da fase de exploração, tendo-se previsto os valores de pico de vibrações gerados e a sua atenuação com a distância à fonte, de modo a permitir gerir o projecto no sentido de minimizar os impactos vibráticos, nomeadamente os decorrentes das explosões a realizar.

Concluiu-se que a magnitude dos impactos vibráticos será em geral pouco significativa, podendo ser ainda minimizada com uma boa gestão dos planos de fogo e monitorização regular para afinação. Foi apresentado um plano de monitorização que será determinante para controlar a operação correcta da exploração, minimizando ao longo de toda a vida útil do projecto – 60 anos – os impactos ao nível das vibrações.

Por último foram ainda apresentadas algumas medidas de minimização destinadas a garantir não apenas o cumprimento normativo, mas também reduzir ao máximo possível os incómodos na população da envolvente, de modo a assegurar a manutenção do bom relacionamento com a vizinhança.



- Legenda:**
- Recetores Sensíveis
 - Limite Concessão
 - Áreas de Intervenção Cortas
 - Áreas de Intervenção Potencial Mineiro
 - Portaria
 - Lavaria
 - Escombreiras antigas
 - Corredor de Infraestrutu
 - Estradas



Vibrações

**PROJETO DE REATIVAÇÃO
DAS MINAS DE FERRO DE
MONCORVO**

RECAPE FASE DEFINITIVA

Base Cartográfica:
Sistema de Referência:
Projeção Cartográfica:

