

**GRANIOTELO – IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE GRANITOS S.A.**

## **PEDIDO DE PARECER SOBRE VIBRAÇÕES**

---

**PEDREIRA Nº 6702**

**SOUTELA**

**MOLEDO**

**CASTRO DAIRE**

**WISEU**

**REALIZADO POR:**



[www.geotek.pt](http://www.geotek.pt)

**Abril de 2025**

## CONTEÚDO

<b>PEDIDO DE PARECER SOBRE VIBRAÇÕES</b> .....	1
1. PLANTA DE LOCALIZAÇÃO E ESTRUTURAS PRÓXIMAS.....	3
2. QUADRO NORMATIVO E ENQUADRAMENTO TÉCNICO.....	4
3. CARACTERIZAÇÃO DA MONITORIZAÇÃO .....	4
4. AVALIAÇÃO DA INCOMODIDADE .....	5
5. MODELO DE PREVISÃO DE AMPLITUDES DE VIBRAÇÃO .....	6
6. RESULTADOS E RELATÓRIO TÉCNICO .....	6
7. BIBLIOGRAFIA.....	7

### Índice de Figuras

Figura 1 - Localização dos trabalhos gerados de vibrações (sistema de coordenadas PT-TM06/ ETRS89).....	3
Figura 2 - Exemplo de gráfico do enquadramento dos resultados com a NP2074:2015. ....	6

### Índice de Tabelas

Tabela 1 - Valores limite recomendados para a velocidade de vibração (de pico), em mm/s (NP 2074:2015) .....	5
Tabela 2 - Extracto dos valores admissíveis das vibrações para pessoas situadas em diversos locais.....	5
Tabela 3 - Valores LNEC para a perceção da vibração continuada no interior de edifícios .....	5

À Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG),

Exmos. Senhores,

No âmbito das atividades previstas para o projeto da pedreira nº 6702 “Soutela”, em conformidade com o Plano de Pedreira, vimos, por este meio, requerer um parecer favorável relativo às vibrações que possam ocorrer devido à utilização de explosivos e outros trabalhos geotécnicos.

O presente documento tem como objetivo apresentar a metodologia e plano de monitorização de forma a ser possível obter o respetivo parecer.

A área a avaliar em termos de vibrações situa-se na freguesia de Moledo, no concelho de Castro Daire, distrito de Viseu. Os trabalhos serão realizados dentro da pedreira “Soutela”, sendo as atividades resultantes dos trabalhos de exploração da mesma.

## 1. PLANTA DE LOCALIZAÇÃO E ESTRUTURAS PRÓXIMAS

Elaborou-se uma planta do local de intervenção com a representação do local de trabalhos e de dois *buffers* de 150 metros e 250 metros de raio, respetivamente. Estes *buffers* têm como objetivo identificar as estruturas potencialmente afetadas pelas vibrações impulsivas resultantes das detonações.

Este mapeamento prévio permitirá uma avaliação visual das estruturas próximas antes do início dos trabalhos e servirá como referência para a implementação das monitorizações.

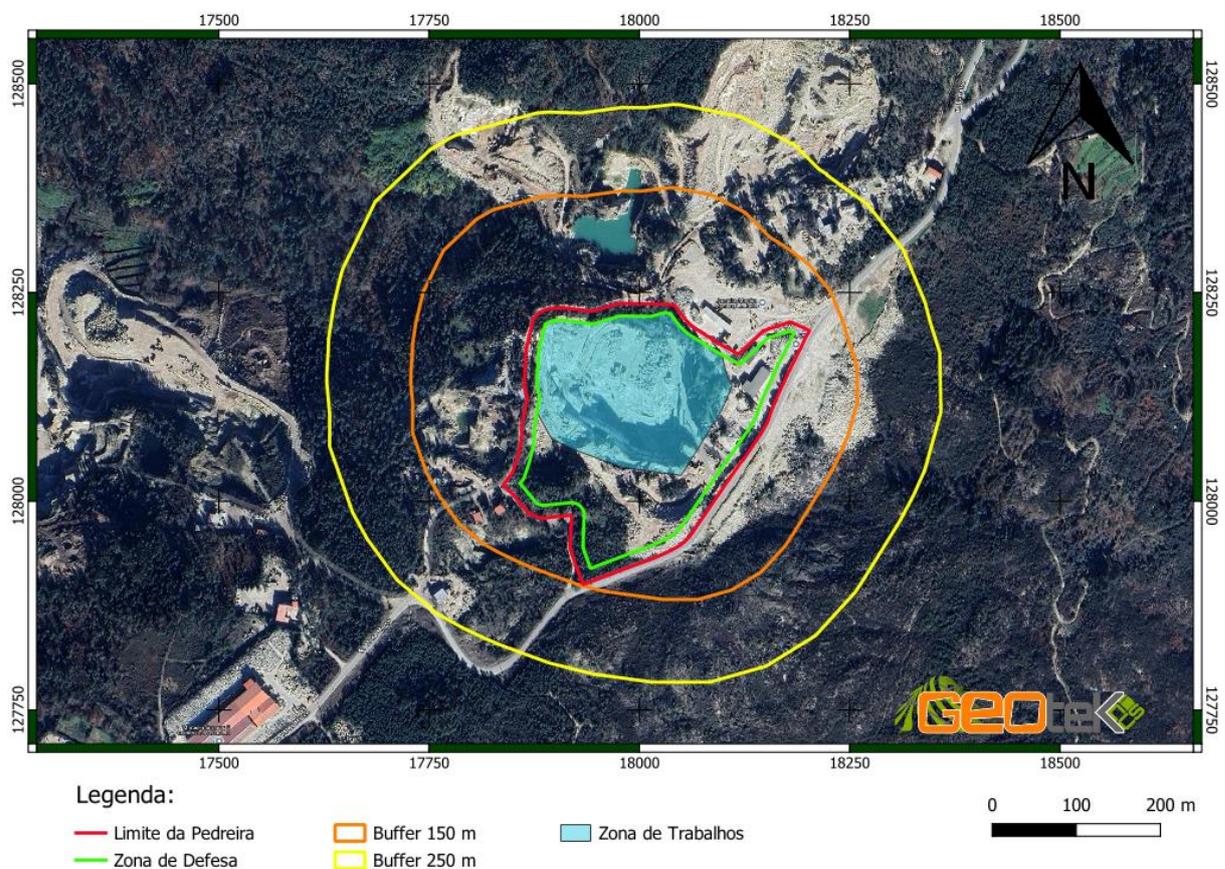


Figura 1 - Localização dos trabalhos geradores de vibrações (sistema de coordenadas PT-TM06/ ETRS89).

## 2. QUADRO NORMATIVO E ENQUADRAMENTO TÉCNICO

NP 2074:2015 – Avaliação da influência das vibrações impulsivas em estruturas, aplicável principalmente às operações que envolvem explosões e ações similares.

DIN 4150-3:2016 – Norma alemã para a avaliação dos efeitos de vibrações sobre estruturas.

Estas normas fornecem orientações claras sobre os métodos de medição, critérios de aceitabilidade e técnicas para reduzir os impactos negativos das vibrações.

### **Como fontes geradoras de Vibrações identificamos:**

A utilização pontual e esporádica de explosivos propriamente ditos para o desmonte de maciços rochosos quando métodos alternativos, como o uso de pólvoras ou corte com fio diamantado, não sejam exequíveis. Tal utilização ocorrerá predominantemente nas fases iniciais dos trabalhos ou sempre que se verificar uma maior intensidade das atividades previstas.

A utilização de pólvoras ocorre com mais frequência, podemos dizer quase diariamente, de qualquer forma estão classificadas como explosivos de baixo impacto e deflagrantes utilizadas essencialmente para taqueio e corte já com frentes livres. Em função destas propriedades, considera-se que a utilização das pólvoras permite garantir com elevada confiança o cumprimento rigoroso dos valores limite definidos na Norma NP 2074:2015.

A utilização de máquinas pesadas para transporte de blocos e utilização de martelos hidráulicos para limpeza de fretes mais alteradas.

Esta atividade, pela sua natureza, implica a geração pontual de vibrações impulsivas que serão devidamente controladas, tanto na sua execução como na monitorização, com vista à salvaguarda da integridade das estruturas próximas.

## 3. CARACTERIZAÇÃO DA MONITORIZAÇÃO

Será implementado um plano de monitorização das vibrações impulsivas geradas por esta atividade, seguindo rigorosamente os parâmetros e metodologias previstas na Norma NP 2074:2015 - Avaliação da influência de vibrações impulsivas em estruturas, nomeadamente:

Realização prévia de inspeção das estruturas próximas para levantamento das patologias existentes, incluindo fendas pré-existentes.

Instrumentação adequada das fundações das estruturas mais próximas, com recurso a transdutores de velocidade ou acelerómetros triaxiais devidamente calibrados conforme a norma NP EN ISO/IEC 17025.

Será realizada uma avaliação inicial das operações com explosivos e de outros trabalhos e, ainda, sempre que haja alteração significativa na intensidade das vibrações esperadas.

Limitação das cargas explosivas por furo e temporizações rigorosamente controladas entre cargas explosivas, recorrendo-se preferencialmente a detonadores eletrónicos para garantir a minimização das vibrações.

Escolha de equipamentos/máquinas com maior frequência de trabalho, principalmente, o martelo hidráulico.

O objetivo principal da monitorização a implementar é assegurar que os valores limite recomendados pela NP 2074:2015 sejam cumpridos, garantindo a integridade das estruturas próximas. Será assegurada especial atenção a edifícios classificados como sensíveis, seguindo as recomendações adicionais para a avaliação dessas estruturas.

Os valores limite recomendados de acordo com a frequência dominante são apresentados na seguinte tabela:

**Tabela 1 - Valores limite recomendados para a velocidade de vibração (de pico), em mm/s (NP 2074:2015)**

Tipo de estruturas	Frequência dominante, f		
	$f \leq 10$ Hz	$10 \text{ Hz} < f \leq 40$ Hz	$f > 40$ Hz
Sensíveis	1,5	3,0	6,0
Correntes	3,0	6,0	12,0
Reforçadas	6,0	12,0	40,0

A classificação das estruturas deve ser efetuada de modo conservador.

A medição das vibrações será efetuada próximo às fundações, elementos estruturais, nunca a mais de 50cm do solo, garantindo, assim, uma análise precisa e de acordo com as orientações específicas das normas mencionadas.

A empresa responsável pelos trabalhos de monitorização, deverá ter vasta experiência na realização de monitorização sismográfica em obras de escavação e exploração de pedreiras e minas, isso assegurará o cumprimento rigoroso das normas aplicáveis, especificamente da NP 2074:2015.

#### 4. AVALIAÇÃO DA INCOMODIDADE

A aplicação das Normas NP ISO 2631-1:2007 e a BS 6472-1 permitem a avaliação e gestão de vibrações, seja em contextos industriais, de construção ou de uso residencial e comercial. Estas contribuem para a proteção da saúde das pessoas, o bem-estar dos ocupantes de edifícios e na minimização das incomodidades, garantindo que os níveis de exposição a vibrações sejam mantidos dentro de limites aceitáveis.

Assim, sempre que possível estas normas serão aplicadas de forma a avaliar a incomodidade humana induzida por vibrações.

Para avaliar a incomodidade induzida por vibrações nos edifícios, serão adotados procedimentos descritos nas normas NP ISO 2631-1:2007 e BS 6472-1:2008, assim como na metodologia indicada por Sónia Antunes e Jorge Patrício em "METODOLOGIAS PARA A AVALIAÇÃO DA INCOMODIDADE INDUZIDA POR VIBRAÇÕES" (QIC2016, Lisboa, LNEC). Este procedimento inclui:

**Caracterização absoluta** da incomodidade, com base nos valores limite estabelecidos pelas normas supracitadas;

**Caracterização relativa**, avaliando o incremento das vibrações em relação à situação de referência, conforme defendido pela literatura especializada (Paneiro G., 2003; Dinis da Gama e Paneiro G., 2005).

**Tabela 2 - Extracto dos valores admissíveis das vibrações para pessoas situadas em diversos locais**

TIPOS DE LOCAIS	PERÍODO	LIMIAR DE INCOMODIDADE HUMANA ÀS VIBRAÇÕES
Hospitais	Dia ou noite	0.10 mm/s
Residências	Dia	0.20 a 0.40 mm/s
	Noite	0.14 mm/s
Escritórios	Dia ou noite	0.40 mm/s
Oficinas	Dia ou noite	0.80 mm/s

**Tabela 3 - Valores LNEC para a percepção da vibração continuada no interior de edifícios**

$V_{ef}$ (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

## 5. MODELO DE PREVISÃO DE AMPLITUDES DE VIBRAÇÃO

Caso haja alguma reclamação de uma estrutura não monitorizada é possível prever as amplitudes de vibração resultantes das detonações para esse local. Será utilizando regressões lineares após obtermos dados em locais diferentes e aplicando o modelo de previsão definido por Johnson (1971), reconhecido internacionalmente pela sua eficácia e simplicidade:

$$v = a \cdot Q^b \cdot D^c$$

onde:

$v$  - velocidade vibratória resultante (PVS) [mm/s]

$Q$  - carga máxima de explosivo por retardo [kg]

$D$  - distância entre os pontos de detonação e o ponto de registo [m]

$a, b, c$  - constantes determinadas especificamente para o local e tipo de desmontes.

Para a definição precisa destas constantes será implementada uma metodologia estruturada, consistindo na realização de medições locais utilizando equipamentos certificados (sismógrafos), construção de uma base de dados robusta com os resultados das medições efetuadas, identificação e exclusão dos valores anómalos (até um máximo de 10% dos registos totais) e subsequente realização de regressões lineares múltiplas para a obtenção da equação que apresente o melhor coeficiente de determinação possível, próximo de 100%.

Esta metodologia assegurará um dimensionamento eficaz dos desmontes, permitindo a adaptação dos diagramas de fogo de modo a respeitar os limites definidos pela NP 2074:2015 e demais referências técnicas aplicáveis.

## 6. RESULTADOS E RELATÓRIO TÉCNICO

A empresa responsável pela monitorização, deve elaborar os relatórios sismográficos detalhados em conformidade com o ponto 10 – Apresentação de Resultados da Norma NP 2074:2015, apresentando nomeadamente gráficos das três componentes da velocidade de vibração em função do tempo e os respetivos espectros FFT, bem como todos os parâmetros definidos pela referida norma.

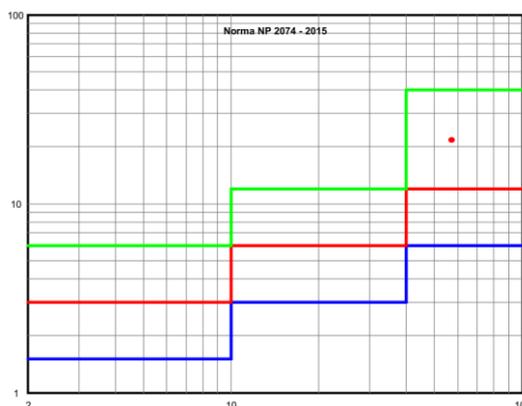


Figura 2 - Exemplo de gráfico do enquadramento dos resultados com a NP2074:2015.

Depois será submetido à apreciação da DGEG o relatório detalhado contendo no mínimo as seguintes informações, conforme previsto na NP 2074:2015:

Identificação do requerente e data das avaliações;

Características da solicitação dinâmica (tipo, carga explosiva máxima por retardo, máquinas);

Localização exata dos pontos de medição e respetivas distâncias às detonações;

Gráficos detalhados das componentes da velocidade de vibração e respetivos espectros FFT;

Valores máximos de vibração registados e frequências dominantes identificadas;

Características completas do sistema de medição utilizado e respetivo certificado de calibração.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Norma Portuguesa NP 2074 (2015). “Avaliação da influência de vibrações impulsivas em estruturas”. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Lisboa.

DIN 4150-3:2016 – Structural vibration – Part 3: Effects of vibration on structures. Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlim, 2016.

Decreto-Lei nº 162/90 de 22 de maio. Diário da República n.º 117/1990, Série I de 1990-05-22. Ministério da Indústria e Energia, Portugal.

Nicholls HR, Johnson CF, Duvall WI. (1970). “Blasting vibrations and their effects on structures”. United States Department of Interior, USMB, Bulletin 656, 1971.

NP ISO 2631-1:2007 – Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações, onde são definidos critérios gerais para o conforto humano.

BS 6472-1:2008 – Norma britânica que fornece orientações específicas para avaliar a exposição humana a fontes de vibração contínuas e impulsivas, excluindo explosões.

Metodologias para a avaliação da incomodidade induzida por vibrações" (QIC2016, LISBOA, LNEC), Sónia Antunes e Jorge Patrício

Paneiro, G. (2003). “ Quantificação do Descritor Vibrações em Estudos de Impacte Ambiental”. Textos de apoio ao curso “Vibrações em Geotecnia – Geração, Monitorização, Impactes Ambientais, Critérios de Dano e sua Mitigação. Curso da FUNDEC (Coordenador: Dinis da Gama). 24 e 25 de Junho de 2003, I.S.T. Lisboa.

**Elaborado por: Jorge Costa**

Engenheiro Geotécnico e Geoambiente, DGEG n.º 631, Céd. Profissional OE N.º79 543



Consideramos, desta forma, estarem reunidas as condições necessárias para a obtenção do parecer favorável por parte da DGEG, tendo em conta as medidas acima expostas que garantirão a conformidade com os requisitos legais, normativos e técnicos aplicáveis à proteção efetiva das estruturas envolventes e ainda a avaliação da incomodidade humana.

Agradecemos a V. Exas. a análise deste pedido e aguardamos o respetivo parecer.