

---

## ANEXO XIII – VIBRAÇÕES E ANÁLISE DE RISCO

### 1. INTRODUÇÃO

Refere-se o presente anexo técnico à análise dos factores vibrações e análise de risco relativa ao Projecto de Execução do Prolongamento da Linha Azul entre Amadora Este e Reboleira.

Este documento surge na sequência da Declaração de Impacte Ambiental (DIA), emitida para o Estudo Prévio do Prolongamento da Linha Azul, entre Amadora Este e Reboleira, em cujo ponto 1.2, referente à elaboração do RECAPE, se estipula o seguinte:

- Apresentação, face ao projecto de execução a desenvolver, da caracterização mais completa e aprofundada dos impactes relativos aos factores ambientais: (...) Vibrações e Análise de Risco.

Neste âmbito, a prossecução desta análise refere-se à análise das acções contempladas em projecto, face ao preconizado em Estudo Prévio, aferidas agora face ao Projecto de Execução. Foram tomadas em devida consideração as informações e respectivos conteúdos constantes do Estudo de Impacte Ambiental (EIA) efectuado e aprovado em fase de Estudo Prévio.

Por outro lado, foram identificadas as situações impactantes avaliadas no EIA e reanalisadas as condições de significância desse mesmo impacte face ao preconizado no Projecto de Execução, permitindo, assim, avaliar aspectos de minimização das vibrações e risco sustentados no Projecto de Execução.

Em relação ao previsto no Estudo Prévio e comparando com o previsto no Projecto de Execução, assinalam-se as seguintes alterações:

#### **A) Relocalização do Poço de Ventilação**

De acordo com o Dono de Obra e a equipa projectista, e face aos impactes gerados pela localização prevista no Estudo Prévio para o Término da Linha Azul (Poço de Ventilação), optou-se por contemplar em fase de Projecto de Execução a respectiva relocalização.

A localização do Poço de Ventilação prevista no Estudo Prévio contemplava um emboque de arruamento entre prédios habitacionais, condicionando, em muito, o espaço de manuseamento e mobilidade em obra, com repercussões muito significativas, nesta fase, para as emissões de poeiras e ruído, num local de extrema proximidade de receptores.

Neste âmbito, e garantindo-se o acordo com a Câmara Municipal da Amadora, foi decidido realocar o Poço de Ventilação um pouco mais para Este, numa área de praça ajardinada, minimizando, no essencial, a afectação e os impactos ambientais e sociais decorrentes da localização anterior.

## B) Método Construtivo do Poço de Ventilação

O Estudo Prévio previa a construção do Poço de Ventilação através da abertura de taludes em escavação, o que aumentava grandemente a área a afectar, potenciando a existência de um maior número de impactos negativos. O Projecto de Execução contempla a escavação a “Céu Aberto” ou Cut and Cover, com a escavação referente apenas à área de localização do Poço de Ventilação.

A evolução que se verificou entre as fases de Estudo Prévio e de Projecto de Execução, prende-se com aspectos que se podem considerar como sendo muito positivos para a população e meio envolvente. Tal situação prende-se com o abandono da opção de escavação em talude para a abertura do Poço de Ventilação, minimizando a área a afectar para essa concretização, eliminando os potenciais impactos resultantes.

## 2. VIBRAÇÕES

### 2.1. Introdução

A incomodidade humana perante fenómenos vibratórios é um fenómeno complexo, cuja quantificação é difícil.

Daí a necessidade de existir um termo de comparação constituído por uma grandeza física absoluta, que reflecta o desconforto associado aos níveis das vibrações que atingem as pessoas. É para isso que existem modelos convencionais, geralmente estabelecidos através da normalização nacional ou internacional. Uma interpretação mais sofisticada do impacto vibratório causado por uma determinada fonte, seria detectar se os valores registados ficam acima ou abaixo de todas as restantes vibrações ambientais que atingem um determinado sensor, tal como se determina habitualmente nas “situações de referência” típicas dos Estudos de Impacte Ambiental.

Existiriam, por conseguinte, duas facetas da incomodidade: a sua grandeza absoluta (maior ou menor do que os valores admissíveis estabelecidos nas Normas) e a sua magnitude relativa em face dos outros fenómenos vibratórios que habitualmente atingem o observador/receptor no mesmo local.

A circulação das composições do metropolitano origina índices de vibrações medianamente perceptíveis e medianamente incómodas, cuja origem reside nas irregularidades, mesmo que muito reduzidas, no contacto dos rodados com o carril que se transmitem à estrutura dos túneis, propagando-se até aos edifícios à superfície a considerar, com maior ou menor intensidade, dependendo de vários factores.

Por outro lado, atendendo ao traçado do Prolongamento da Linha Azul, entre Amadora Este e Reboleira, a densa ocupação urbana, aumenta o risco de incomodidade pelos fenómenos de vibração, sendo igualmente enorme a variabilidade, em malha urbana, da presença de edifícios de uso mais sensível.

Em termos de percepção por parte da população vizinha e dos edifícios a cujas estruturas se verificará eventualmente a transmissão de vibrações, esta verifica-se, normalmente, primeiro em relação ao ruído resultante da radiação por parte dos elementos excitados do que propriamente em relação às vibrações, dado que o ouvido constitui um captor muito mais sensível que os terminais nervosos que tornam possível uma percepção táctil das vibrações (Silva, 2004).

A origem das vibrações devidas à circulação do metropolitano localiza-se, como referido, no contacto roda/carril. Todavia, para a quase totalidade dos problemas nesta área, a “solução” vai encontrar-se na via ou no espaço onde se propaga o estímulo até ao local onde a acção nociva se faz sentir.

## 2.2. Levantamento ao longo do Traçado

A circulação do metropolitano apresenta características de duração e de composição espectral que as torna particularmente sensíveis. Mais concretamente, os estímulos vibratórios que resultam da passagem das composições do metropolitano exibem características que indiciam periodicidade, que facultam a identificação do ruído correspondente, ou seja, a circulação das composições do metropolitano provoca, ao longo da área de influência da sua rede, alguma incomodidade em termos de vibrações.

No âmbito do EIA do Estudo Prévio do projecto em causa, foram efectuadas medições de vibrações junto a receptores considerados potenciais e mais sensíveis, quer ao nível de indivíduos quer em termos de estruturas edificadas.

Os pontos seleccionados para o efeito foram os seguintes:

**P1** – LARGO DAS CRIANÇAS (km 0+552)

**P2** – LARGO TEIXEIRA PASCOAIS (km 0+492)

**P3** – RUA VASCO DA GAMA FERNANDES (km 0+455)

**P4** – AQUEDUTO DAS ÁGUAS LIVRES (paralelo ao final da Av. do Brasil)

Nestes locais foram realizadas medições para caracterizar o estado vibratório residual, nomeadamente em soleiras de janelas e vãos de escada. O parâmetro de registo trata-se da “velocidade eficaz da vibração” ( $V_{ef}$ ).

Nestas quatro situações foram registados os seguintes valores  $V_{ef}$ , residual ( $V_{ef}$ , m/s):

P1)	$4.2 \times 10^{-8}$
P2)	$3.7 \times 10^{-8}$
P3)	$4.8 \times 10^{-8}$
P4)	$3.7 \times 10^{-8}$

Estes registos confirmam, em relação, por exemplo, ao estabelecido pelo LNEC, situações de velocidades eficazes de vibração muito inferiores aos definidos pelos critérios de incomodidade para seres humanos e/ou danos estruturais em edifícios.

Em estudos recentemente realizados pelo ML, sabe-se que os valores de  $V_{ef}$ , registados em *média padrão*, em pleno funcionamento e passagem do metropolitano sob edifícios, são da ordem dos 0.20 mm/s, facto que leva a prospectar um aumento do nível vibratório ambiente aquando do funcionamento do Prolongamento da Linha Azul entre Amadora Este e Reboleira, nomeadamente nos locais anteriormente referidos e monitorizados em relação às vibrações residuais actuais.

## 2.3. Identificação de Situações Impactantes

### 2.3.1. Fase de Construção

A realização das obras causará um aumento dos níveis de ruído, devido à realização de trabalhos à superfície, envolvendo operações e equipamentos ruidosos. De igual forma, é previsível que nos edifícios mais próximos da Estação da Reboleira e do Posto de Ventilação se possam fazer sentir vibrações perceptíveis pelos seus ocupantes.

Contudo, só no caso de edifícios em pior estado de conservação é que será mais provável a ocorrência de danos em resultado das vibrações causadas pelas obras.

Por outro lado, a proximidade das obras a realizar na zona da Estação da Reboleira, face à proximidade das estruturas do Aqueduto das Águas Livres, leva a que seja necessária a adopção de medidas específicas para minimizar o risco de ocorrência de danos neste elemento patrimonial, tal como aliás refere a DIA.

A análise de eventuais situações de impacte ambiental por vibrações em edifícios e por incomodidade das pessoas durante a fase de obra, foi efectuada com base nos resultados perceptíveis e registados em campanhas de monitorização realizadas em obras similares do ML, que permitem estabelecer um cenário médio de situações neste factor em cenário de

obra, nomeadamente junto a locais alocados para a execução de poços de ataque e para a construção de estações.

Nestas medições de vibrações em situação de obra, o ensaio realizado teve por objectivo avaliar a influência em construções de vibrações de carácter impulsivo e determinar o nível de conforto ou incomodidade dos seres humanos quando expostos a este tipo de vibrações. Para tal, é medida a velocidade de propagação no solo de vibrações provocadas por solicitações de carácter impulsivo, comparando o valor obtido com os critérios de aceitação 1 e 2, baseados na Norma Portuguesa 2074 (1983), na ISO 2631-1, na ISO 2631-2 e na BS 6472 e os critérios LNEC.

Em termos de condições de medição, a vibração é caracterizada pelo valor máximo do módulo do vector velocidade de vibração, obtido a partir de cada uma das suas componentes, segundo as três direcções de medição (longitudinal, transversal e vertical). Relativamente ao conforto/incomodidade, a vibração é caracterizada pela velocidade ou aceleração de vibração ponderada com os filtros definidos para cada uma das três direcções de medição.

O critério de danos em edifícios do LNEC resume-se, em seguida, na Tabela seguinte.

**TABELA 1:** Critério 1.3 - valores limite segundo o LNEC

Vef [mm/s]	Efeitos
$V_{ef} < 3,5$	Praticamente nulos
$3,5 < V_{ef} < 7$	Queda de cal, especialmente 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, possibilidade de fendilhação da estrutura de betão armado

*Nota: componente vertical da velocidade eficaz, ou horizontal se esta for mais significativa*

Na Tabela seguinte apresenta-se o critério de incomodidade do LNEC (critério 2.3).

**TABELA 2:** Critério C2.3 - Níveis de incomodidade do LNEC

Vef [mm/s]	Sensação
$V_{ef} < 0.11$	Nula
$0.11 < V_{ef} < 0.28$	Perceptível
$0.28 < V_{ef} < 1.10$	Nítida, incómoda, podendo afectar as condições de trabalho
$1.10 < V_{ef}$	Muito nítida, muito incómoda, reduzindo as condições de trabalho

Nota: componente vertical da velocidade eficaz, ou horizontal se esta for mais significativa

Apresentam-se nas Tabelas seguintes, a título de exemplo, os valores registados em campanhas de vibrações em obras similares, em situações verificadas aquando da execução de actividades construtivas associadas a cenários de execução de poços de ataque e de construção de estações, relativa, neste caso, à fase de obra da Empreitada ML 644/04 - Execução dos toscos entre a Estação do Oriente e a Estação do Aeroporto, da Linha Vermelha do Metropolitano de Lisboa, E.P., tomando em consideração, para comparação, os critérios do LNEC apontados anteriormente.

**TABELA 3:** Valores da velocidade eficaz ( $V_{ef}$ ) de vibração com o Critério 1.3 LNEC

Frentes de Obra	Registo em Campanha (valor médio/padrão de $V_{ef}$ , mm/s) (*)	Critério 1.3 $V_{ef}$ [mm/s]
Poço de Ataque	0,02	< 3,5
Estação	0,02/0,04	< 3,5

(\*) dados relativos a campanhas de Abril/2008

**TABELA 4:** Valores da velocidade eficaz ( $V_{ef}$ ) de vibração com o Critério 2.3 LNEC

Frentes de Obra	Registo em Campanha (valor médio/padrão de $V_{ef}$ , mm/s) (*)	Critério 2.3 $V_{ef}$ [mm/s]
Poço de Ataque	0,02	< 0,11
Estação	0,045	< 0,11

(\*) dados relativos a campanhas de Abril/2008

Tumou-se ainda em consideração que, em situação similar de substrato geológico, relativa à monitorização efectuada no âmbito do acompanhamento ambiental da Empreitada da Estação da Falagueira, os registos obtidos apontam para valores da ordem de  $< 0,075$  mm/s, que corresponde ao valor de sensibilidade mínima do equipamento de medição.

Confrontando os valores eficazes da velocidade de vibração associados às actividades construtivas consideradas com o Critério C2.3 do LNEC, é possível verificar que, regra geral, apresentam níveis de incomodidade com sensação “nula”, para o período diurno.

Também é possível verificar que os valores da velocidade de vibração genericamente registados em fase de obra, em malha urbana, são inferiores ao definido no Critério C1.3 (segundo o LNEC).

Por outro lado ainda, os resultados obtidos permitem concluir que, genericamente, e tendo em conta os processos construtivos utilizados e adoptados neste tipo de obra, o parâmetro relativo ao módulo do vector velocidade de vibração apresenta em regra níveis de velocidade de vibração abaixo do limite definido pela Norma Portuguesa 2074 (1983).

No entanto, a percepção das vibrações, comumente resultante, para estes casos, dos trabalhos de perfuração e escavação, depende, em grande escala, do substrato geológico presente e das cotas de trabalho, nomeadamente entre as cotas do projecto e as cotas de coroamento. Para este caso particular, será nos primeiros 220 metros de traçado (a partir da estação da Amadora Este) que se poderá fazer sentir maior perceptibilidade vibratória das obras, pelo facto da distância entre o coroamento do túnel e a cota do terreno ser de 4 a 8 metros, no entanto sob influência apenas dos terrenos da ex-Bombardier, actual EMEF, facto que não constitui um factor de risco. Para o restante traçado, até ao término, as obras ocorrem a uma distância da cota da superfície superior a 25 metros, prevendo-se uma dissipação efectiva do efeito vibratório mecânico.

Deste modo, e tendo em conta que a primeira metade do traçado se efectua sob terrenos de ocupação não sensível (terrenos da ex-Bombardier, actual EMEF) e que a segunda metade do troço se localiza sob malha urbana mas com uma distância superior a 25 metros entre o projecto e a cota de superfície, não se prevê a ocorrência de impactes significativos decorrente deste factor, na fase de construção.

### 2.3.2. Fase de Exploração

Para a análise dos impactes ambientais decorrentes do factor vibrações, sugere-se previamente uma definição de incomodidade como a sensação de desconforto provocada na maioria das pessoas que se apercebem das vibrações originadas exclusivamente pelos eventos que se pretendem caracterizar, sempre que a respectiva amplitude ultrapasse a

média das amplitudes de vibração verificadas na situação de referência característica de cada local.

Nesta linha de raciocínio e, decerto, numa perspectiva conservadora, o limiar de incomodidade corresponde ao valor médio das amplitudes de vibração da situação de referência pré-existente no local de origem do evento.

Para se prospectivarem os impactes das vibrações decorrentes do funcionamento/circulação do metropolitano, recorreu-se a registos existentes de campanhas de monitorização efectuadas em situação de evento e em velocidade de vibração de pico média em malha urbana de características residenciais implantadas no maciço basáltico de Lisboa. Posteriormente, procedeu-se à sua comparação com os critérios definidos anteriormente, quer para “danos em edifícios” quer “para incomodidade aos seres humanos”.

Para caracterização das vibrações causadas pela passagem das composições do Metropolitano de Lisboa, foi efectuada em Dezembro de 2004 uma campanha de registos em vários pontos da sua rede, um dos quais em plena área residencial de Alvalade (e respectiva Estação). Na Tabela seguinte apresentam-se os valores  $V_{ef}$  média registados ao nível do rés-do-chão e do 1º piso dos edifícios do terreno.

**TABELA 5:** Valores da velocidade eficaz ( $V_{ef}$ ) de vibração de pico de médias registados nos edifícios (Lisboa – Alvalade)

EDIFÍCIO/PISO	$V_{ef}$ média (mm/s) SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA	$V_{ef}$ média (mm/s) EVENTO ML
RÉS-DO-CHÃO	<b>0,352</b>	<b>0,384</b>
1º PISO	<b>0,214</b>	<b>0,214</b>

Fonte: Dinis da Gama (artº, IST)

Por ponderação dos valores das vibrações registadas em pleno evento de passagem do metropolitano verifica-se que, relativamente às vibrações provocadas pela situação de referência, os eventos ocasionados pela circulação das composições do ML, em média, apresentam velocidades de vibração superiores.

Em relação à análise comparativa com os critérios de avaliação dos efeitos das vibrações pelos eventos do ML, constata-se que, em pleno funcionamento, a perceptibilidade dos efeitos das vibrações são, relativamente ao critério 1.3 (LNEC), indicadoras de efeitos quase nulos ou sem expressão, podendo apenas originar queda de cal, dependendo do estado de conservação dos edifícios ao nível do rés-do-chão, mas de efeito absolutamente nulo ao nível dos pisos superiores.

No que se refere à ponderação dos efeitos desses mesmos eventos em relação à incomodidade nos seres humanos (critério 2.3, LNEC), refere-se que os eventos fazem



---

registar níveis de sensação nítida de incomodidade ao nível do rés-do-chão e apenas perceptível (sem incómodo) ao nível dos pisos superiores.

Se se pretender reportar estas ocorrências qualitativas e quantitativas aos eventos de circulação do metropolitano neste troço da Linha Azul, dever-se-á ter em conta o seguinte:

- a) os primeiros 220 metros de linha, situar-se-ão a uma distância da cota de superfície que varia entre 4 e 8 metros, localizando-se sob terrenos exclusivamente de carácter industrial da ex-Bombardier;
- b) a restante extensão da Linha Azul em análise, situa-se a uma distância da cota de superfície superior a 25 metros (desde o coroamento do túnel), localizando-se sob plena malha urbana residencial;
- c) o maciço litológico interessado consiste em complexo rochoso basáltico.

Relativamente aos receptores analisados e referidos anteriormente como mais sensíveis estes ocorrem sobre o traçado na segunda metade do Prolongamento da Linha Azul, entre Amadora Este e Reboleira, na qual a distância entre cotas de terreno e de projecto é superior a 25 metros, pelo que se prevê que os impactes das vibrações decorrentes dos eventos do metropolitano sejam fortemente dissipados, quer em relação a danos estruturais nos edifícios quer em termos de perceptibilidade e incomodidade nas pessoas residentes.

Ou seja, a profundidade a que a linha do metropolitano se desenvolverá será de forma a que as vibrações causadas pela passagem das circulações não sejam perceptíveis nos edifícios situados ao longo do traçado e, muito menos, possam causar danos nas estruturas, bem como no grau de incomodidade.

Por outro lado, minimizando ainda este tipo de situação impactante das vibrações, refira-se que os principais receptores se localizam no troço entre a Estação da Reboleira e o Término, pelo que em termos de circulação das composições, também a respectiva velocidade nesta zona será bastante reduzida, tornando desprezível o efeito rodado/carril.

Assim, face ao exposto, não se preconiza a ocorrência de impactes negativos significativos do efeito das vibrações mecânicas perceptíveis, na fase de exploração do presente projecto.

Ainda assim, preconiza-se que na fase de exploração os locais dos principais receptores sejam monitorizados ao nível deste factor, por forma a aferirem os valores registados e os efeitos eventualmente causados em cenário real. Também desta forma, o melhor conhecimento dos níveis de vibrações ocorrentes em cada vez mais pontos da rede do ML, permitirá, caso a caso e consoante a variabilidade notada e registada, atender a medidas de minimização mais construtivas e eficazes em casos de impacte significativo.

## 2.4. Conclusões

É hoje cada vez maior o número de queixas de vibrações ambientes, principalmente em edifícios com pouco amortecimento, onde as vibrações sensíveis e o ruído estrutural aparecem mais facilmente. As vibrações sensíveis são quase sempre responsabilizadas pelos moradores pelas fendas nos revestimentos de suas casas, geralmente sem razão (são em geral devidas a assentamentos diferenciais das fundações ou a retracção das argamassas). Os critérios simples usados pelo LNEC têm-se, na prática, revelado correctos. Embora hoje em Portugal exista já da parte das empresas públicas e do estado a consciência da necessidade de prever o *impacte* de vias férreas (novas ou remodeladas) e de obras de construção, na maioria dos casos os projectos de obras particulares dos edifícios ou das instalações mecânicas, quando existem, ou a instalação destas, não prevêm nem sequer têm em conta as vibrações que virão a ocorrer.

A problemática das vibrações geradas não só durante a fase de construção das referidas obras, como também durante a fase de exploração, tem vindo a ser desenvolvida nos últimos anos, pela verificação do aumento de densidade de construção de estruturas geotécnicas e pelo aumento da exigência da população para melhor qualidade de vida.

Assim, dada a dificuldade na quantificação da incomodidade humana à exposição de eventos de natureza vibratória propõe-se uma quantificação que entra em linha de conta com as normas em vigor (caracterização absoluta) e com a situação de referência (caracterização relativa).

A referida caracterização permite efectuar uma análise mais abrangente das vibrações provocadas numa obra, dado que, para além de efectuar uma análise, tendo como base as normas existentes, dado que as mesmas não consideram alguns parâmetros tais como a situação de referência, através da caracterização relativa das vibrações ter-se-á uma noção mais clara da possibilidade de existir incomodidade perante os eventos vibratórios.

Sendo esta a abordagem pretendida pelo ML, nos requisitos mínimos das campanhas de monitorização efectuadas em toda a rede existente, o conhecimento da realidade quantitativa deste factor permite apoiar a tomada de decisões sobre a aplicação de medidas de redução dos impactes ambientais provocados pelas vibrações nos principais receptores e por toda a rede.

### 3. ANÁLISE DE RISCO

#### 3.1. Introdução

Pretende-se nesta abordagem identificar e relativizar o risco ambiental inerente ao Projecto de Prolongamento da Linha Azul entre Amadora Este e Reboleira, em fase de Projecto de Execução. Em termos metodológicos e de conteúdo, a análise de risco baseia-se nas análises similares já sobejamente efectuadas pelo ML e por ele adoptadas para projectos semelhantes, por toda a rede já implantada.

Para o caso da tipologia de projecto em questão, de entre outros, decorrentes mais directamente das vulnerabilidades e/ou particularidades do local, o risco geotécnico, ou seja, a probabilidade de que se verifiquem danos a edifícios e pessoas devidos a problemas na interface estrutura-terreno é dos conceitos mais importantes, mas de difícil avaliação, só eventualmente conseguido com o conhecimento analítico e quantitativo do efeito das vibrações. Existem muitos perigos relacionados com o solo e subsolo e frequentemente os danos que estes perigos produzem, no caso de se tornarem reais, são muito relevantes.

A análise de risco efectuada destina-se sobretudo a identificar os incidentes passíveis de gerar impactes ambientais negativos, comparar e classificar os riscos a ele associados para as actividades significativas permitindo, conseqüentemente, estruturar medidas de minimização correspondentes.

É importante, em primeiro lugar, fazer a distinção entre os conceitos de perigo e risco que, até há uma década atrás, eram muitas vezes utilizados como tendo o mesmo significado.

Assim, perigo é uma situação física, com potencial para causar danos ao Homem, bens e Ambiente.

Por outro lado, o conceito de risco pode ser definido como a probabilidade de ocorrência de um acontecimento indesejável específico, num período de tempo determinado ou em circunstâncias determinadas. O conceito de risco pode ser definido como o produto da gravidade do acidente pela probabilidade de este acontecer.

Os principais factores a considerar para a determinação do risco, são: a probabilidade de concretização do acontecimento indesejável (ou perigo) e a magnitude e significado das suas conseqüências em termos de danos para a população, bens e ambiente, devido à sua ocorrência.

Na presente análise não são referidos riscos inerentes a casos ou cenários de segurança em obra, uma vez que este tipo de preocupações se encontra devidamente regulamentado ao abrigo do Decreto-Lei nº 273/2003, de 29 de Outubro.

### 3.2. Metodologia

A abordagem da análise de risco adoptada neste caso cumpre os pressupostos metodológicos normalmente utilizados e aceites em análises de risco de projectos deste tipo, os quais se podem sistematizar nos seguintes aspectos:

- Identificação dos diferentes riscos de acidente, suas causas, consequências, frequências ou probabilidades esperadas, sendo dada especial atenção aos riscos de probabilidade elevada/alta gravidade, incluindo-se neste caso o cenário correspondente ao "piores caso possível";
- Caracterização e descrição das medidas de prevenção, redução e controle dos riscos, e planos de emergência, caso sejam identificados eventos que transcendam a situação normal e que possam ter consequências gravosas para o ambiente;
- Quantificação das medidas minimizadoras ou compensatórias (quer em termos de consequências, quer em termos de probabilidade de ocorrência), sempre que se justifique.

Decorrente destes conceitos, a abordagem utilizada no presente estudo foca, numa primeira fase, a identificação e macro-avaliação dos perigos e, numa segunda fase, a avaliação dos riscos e consequências deles decorrentes.

Assim, nesta fase de Projecto de Execução, apresenta-se uma análise de risco expectavelmente válida face à tipologia de projecto, e que se baseia na análise já apresentada no âmbito do EIA do Estudo Prévio, por ser aquela a abordagem adoptada pelo ML, em estudos similares para toda a sua rede.

Assim, em sequência do referido, a análise que se apresenta baseia-se na metodologia designada por FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), ou seja, *Análise dos Modos de Falha, Efeitos e sua Criticidade*.

Esta metodologia, utilizada e reconhecida internacionalmente, engloba um processo sistemático de prevenção que permite identificar potenciais falhas ou factores de risco em determinado sistema, com o objectivo de eliminar e/ou minimizar os riscos que lhes estão associados. A avaliação da importância associada a cada factor de risco identificado no processo é traduzida pelo produto matemático dos valores dos seguintes três parâmetros, medidos numa escala não linear, balizada de 1 a 10:

→ Probabilidade (P), que traduz a frequência com que a falha ocorre;

→ Detectabilidade (D), índice que mede a eficácia dos processos de detecção de possíveis origens da falha;

→ Gravidade (G), que corresponde aos efeitos potenciais da ocorrência da falha.

O produto referido designa-se por *Número de Prioridade de Risco* e referencia-se como

$$\text{NPR} = (\text{P} \times \text{D} \times \text{G}).$$

No caso de factores de risco com gravidade elevada e probabilidade média ou elevada devem ser consideradas acções correctivas independentemente do NPR calculado. Para contemplar estas situações foi estabelecido um outro parâmetro, a Criticidade (C), cujo valor resulta do produto matemático apenas da probabilidade e da gravidade do factor de risco (P x G).

As várias etapas e conceitos que caracterizam a metodologia FMEA, culminam com o apuramento do valor NPR, que permite identificar os riscos e informar sobre a necessidade de adopção de medidas tendentes a reduzir os respectivos factores de risco. A intervenção deve ser dirigida no sentido de minimizar a gravidade e/ou a probabilidade de ocorrência de uma determinada falha, porque esse facto conduz à redução da sua importância; se a acção for direccionada para o controlo da detectabilidade, apenas se aumentarão os meios de controlo, sem interferir com as consequências da ocorrência da falha.

A metodologia FMEA, integra as seguintes fases sequenciais:

- a) Identificação dos factores de riscos;
- b) Estabelecimento das causas de risco e atribuição da correspondente probabilidade de ocorrência (P);
- c) Identificação dos sistemas de detecção (existentes e/ou previstos) e valoração do respectivo nível de eficácia ou detectabilidade (D);
- d) Descrição dos efeitos da ocorrência do factor de risco e atribuição da correspondente gravidade (G);
- e) Cálculo de NPR;
- f) Cálculo da Criticidade (C);
- g) Identificação das medidas de minimização que contribuem para diminuir a importância do risco.

### 3.3. Análise e Determinação

A identificação das falhas (ou factores de risco) e respectivas causas foi efectuada com base no conhecimento das características do projecto em causa em ponderação analítica com projectos similares.

A identificação dos sistemas de detecção foi baseada na experiência do ML, no que diz respeito a práticas usuais normalmente seguidas na execução deste tipo de acção (obra) nomeadamente quanto à identificação das interferências que a obra terá em eventuais

infraestruturas do sub-solo e às disposições adoptadas na exploração de toda a rede do metropolitano já em operação.

Os valores atribuídos à probabilidade de ocorrência de falhas, à eficácia dos sistemas de detecção e à gravidade do risco têm por base a escala numérica não linear de 1 a 10, como referido anteriormente. Para a atribuição de valores utilizando estas escalas consideram-se como especialmente importantes os conhecimentos técnicos das matérias em análise por parte do ML, resultante da experiência de longos anos na construção e exploração deste tipo de projecto que actualmente compõem toda a rede. Apresentam-se nas Tabelas seguintes as escalas de probabilidade, detectabilidade e gravidade utilizadas na presente análise.

**TABELA 6 – Escala de Probabilidade (P)**

ESCALA	PROBABILIDADE (P)	
	<i>Para ocorrências às quais não é possível atribuir valor de probabilidade de ocorrência</i>	<i>Para ocorrências às quais existem informações no ML (fase de exploração da rede)</i>
1-2	Muito baixa	1/10 anos
3-4	Baixa	1/5 anos
5-6	Média	1 ano
7-8	Elevada	1 mês
9-10	Muito elevada	1 dia

**TABELA 7 – Escala de Detectabilidade (D)**

ESCALA	DETECTABILIDADE (D)
1-2	Sistema de Detecção imediata que permite antecipar e evitar a ocorrência
3-4	Sistema de detecção atempada e preventiva que permite intervir no desenvolvimento da ocorrência
5-6	Sistema de detecção de controlo que não evita as consequências da ocorrência
7-8	Detecção difícil resultando na ocorrência
9-10	Detecção extremamente difícil resultando na ocorrência

**TABELA 8 – Escala de Gravidade (G)**

ESCALA	GRAVIDADE (G)
1-2	Impacte negligenciável
3-4	Impacte muito baixo e marginal
5-6	Impacte moderado com algum dano na imagem da Empresa
7-8	Impacte grave com ameaça à integridade física de pessoas e bens com repercussões sérias na imagem da Empresa
9-10	Impacte muito grave em que a segurança de pessoas e bens é posta em causa, com consequências muito sérias na imagem da Empresa e na própria Empresa

Em sequência, o cálculo do NPR para cada factor de risco é avaliado em função da escala de importância apresentada na Tabela seguinte. Esta escala permite avaliar a importância do risco de forma expedita, classificando-se em  *muito baixa, baixa, média, elevada e muito elevada*.

**TABELA 9** – Escala de determinação do NPR

ESCALA	NÚMERO DE PRIORIDADE DE RISCO (NPR)
1-8	Muito baixo
9-64	Baixo
65-216	Médio
217-512	Elevado
513-1000	Muito elevado

Esta escala de determinação e balizamento do NPR, permite estabelecer as prioridades da acção em relação aos factores de risco identificados. No entanto, por norma, se o NPR for superior a 100, deverão ser determinadas acções com vista a uma redução deste valor, constituindo este o limiar de aceitabilidade de ocorrências das falhas ou dos factores de risco.

### 3.4. Identificação do Risco

Relativamente ao presente projecto em análise, as acções que apresentam, à partida, maior gravidade relativamente a linhas do ML, face à experiência adquirida, são:

- i) Fase de Construção – desvio de infraestruturas no subsolo (Serviços afectados) e os processos construtivos a “céu aberto”;
- ii) Fase de Exploração – ventilação, drenagem e acidentes.

Acresce-se para o presente caso, na fase de construção, o risco de afectação do Aqueduto das Águas Livres, aquando da execução do troço do túnel entre a Estação da Reboleira e o Término, embora o presente projecto preveja um afastamento superior a 17 metros desta estrutura, por indicação da DIA, sendo este distanciamento maior que o contemplado em Estudo Prévio.

No que se refere aos acidentes, mencionam-se os acidentes raros com material circulante (FRE 1) (colisão, descarrilamento, queda de passageiros para a via), e os incêndios (FRE 2) (nas composições, na via ou na Estação) e ainda os acidentes com passageiros (FRE 3). Destes últimos, cerca de 97% são os seguintes, por ordem decrescente de ocorrência:

- entalamento na porta do combóio no embarque e/ou desembarque;
- quedas nas escadas rolantes;

- mão presa no combóio aquando da abertura;
- quedas durante o embarque e/ou desembarque;
- quedas para a via;
- entalamento entre o cais e o comboio.

### 3.5. Criticidade e Prioridade do Risco

Para o presente caso, são referenciados cerca de 13 factores de risco para a fase de obra e 8 para a fase de exploração. Apresentam-se nas Tabelas 10 a 16, o cálculo dos parâmetros NPR e C, considerando as fases de construção e exploração para o presente projecto, correspondentes aos factores/descriptores ambientais e sócio-económicos considerados.

A avaliação dos factores FRE1, FRE2 e FRE3, foi feita com baseada na recolha de elementos estatísticos do ML e em técnicas de previsão no âmbito do “Estudo de Risco da Rede de Metro de Lisboa – Análise Quantativa de Risco”, elaborado pelo ML.

Os acidentes com material circulante (factor FRE 1) e os incêndios (factor FRE 2) foram considerados como acidentes raros, devido à muito reduzida probabilidade, a qual foi substancialmente reduzida pelo ML, por abate do material circulante dos tipos ML7 e ML79 e ainda pelo controlo da velocidade máxima das composições e pela introdução de limitadores de velocidade à entrada e saída das estações. Para essa baixa probabilidade de ocorrência contribuem ainda diversos meios regulamentares, tais como o Regulamento de Circulação de Comboios, o Regulamento de Segurança do Pessoal nas Vias Electrificadas, o Regulamento de Sinalização e o Regulamento de Utilização das Redes de Telecomunicações), a formação de pessoal e a existência de um Posto de Comando Central em funcionamento permanente, que coordena todas as acções em caso de emergência.

No caso dos acidentes por incêndio (FRE 2), a baixa probabilidade de risco resulta da utilização de materiais não combustíveis ou de alta resistência ao fogo, ignífugos e que não libertam fumos tóxicos, na proibição de fumar nas instalações e nos meios humanos. Por outro lado, a possibilidade de telecomando do sistema de ventilação com capacidade para parar ou inverter o fluxo de massas de ar nos ventiladores contribui também para reduzir o risco e a introdução de coluna seca em toda a rede atenua as suas consequências em caso de ocorrência.



### 3.6. Conclusões Gerais

Da análise efectuada a conclusão primária é de que, para este tipo de projecto, a fase de construção assume-se como aquela que apresenta maiores riscos e com gravidade superior aos riscos inerentes à fase de exploração.

As principais causas que contribuem para a ocorrência de um determinado factor de risco, respeitam a causas operacionais relacionadas com erros humanos, incúria ou negligência ou com métodos construtivos utilizados em obra.

Assim, de forma sistemática, para a fase de construção, salientam-se as seguintes ocorrências dos factores de risco a considerar:

- afectação de bens imobiliários devido às vibrações causadas pelo método construtivo do túnel;
- afectação do Aqueduto das Águas Livres devido às vibrações causadas pelo método de construção do túnel;
- indução de acidentes causados pela presença dos estaleiros e frentes de obra.

Em relação à forma de minimização das causas responsáveis pelas vibrações na fase de construção, afigura-se ser difícil executar este tipo de obras sem recorrer a processos e equipamentos construtivos em que as velocidades vibratórias esperadas não sejam perceptíveis para distâncias reduzidas entre as cotas do terreno e as cotas de trabalho (inferiores a 5 metros).

Em relação às restantes causas operacionais identificadas para os factores de risco, os empreiteiros deverão promover acções integradas de controlo no decurso de toda a obra, de modo a reduzir substancialmente a probabilidade de ocorrência de falhas.

Por sua vez, na fase de exploração, os riscos apresentam duas consequências directas e distintas:

- a que se prende com a diminuição da qualidade do serviço, quer devido ao aumento do tempo de espera quer pela diminuição das acessibilidades;
- a que se prende com danos pessoais e materiais e que poderão ter consequências mais graves.

Estes factores de risco estão relativamente bem caracterizados pelo ML, que tem registado e compilado informações históricas que levam a estudos comparativos de cenários de avaliação dos factores de risco com outras linhas operacionalmente semelhantes.

Com efeito, os resultados dos valores de NPR obtidos para os factores de risco que caracterizam a fase de exploração do projecto são efectivamente sempre baixos, o que

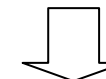
---

traduz os elevados níveis de segurança das práticas correntes de gestão de operações do ML em toda a sua rede.

TABELA 10 – Actividades e factores de risco (fase de construção) – SOCIO-ECONOMIA

FACTOR DE RISCO	CAUSAS			SISTEMAS DE DETECÇÃO (EXISTENTES E/OU PREVISTOS)		EFEITOS/GRAVIDADE		NPR	C
	INTERNAS	EXTERNAS	P	DESCRIÇÃO	D	DESCRIÇÃO	G		
<b>FRC1</b> – Rotura ou dano em infraestruturas instaladas no subsolo (Serviços afectados)	Falha na execução dos trabalhos	Erro cadastral	4	Reconfirmação cadastral através de sondagens de reconhecimento e do levantamento topográfico. Observação atenta do operador.	4	Diminuição da pressão de abastecimento ou corte do serviço (ocorrência de inundações, fugas de gás ou explosão, electrocussão e falta de telefones)	6	<b>96 médio</b>	24
<b>FRC2</b> – Incidentes relacionados com o funcionamento dos vários estaleiros e com consequências para a população	Erro humano, negligência no controlo e planeamento de acessibilidades em obra e na gestão do espaço envolvente ao estaleiro	Erro humano	3	Critérios rigorosos de vigilância e gestão de estaleiros. Supervisão por parte da Direcção Técnica e Fiscalização da obra	2	Acidentes com danos humanos e materiais	6	<b>36 baixo</b>	18
<b>FRC3</b> – Acidentes de tráfego relacionados com a movimentação de máquinas e veículos pesados afectos à obra	Erro humano / Negligência	Erro humano. Deficientes condições de circulação	5	Supervisão por parte da direcção técnica e fiscalização da obra	7	Acidentes com danos humanos e materiais	7	<b>245 elevado</b>	35
<b>FRC4</b> – Vibrações nas edificações na envolvente do projecto	Execução dos trabalhos. Equipamento utilizado Método de escavação	Ocorrência de factores locais que favorecem a propagação de vibrações. Tipologia das construções edificadas.	7	Reclamação da população Monitorização	6	Afectação da integridade de estruturas edificadas, desabamentos Incomodidade humana	9	<b>378 elevado</b>	72

MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO (NPR>100)



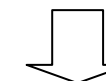
Instalação de sinalização, semaforização e mecanismos de redução de velocidade

Monitorização pontual das vibrações nos locais críticos identificados

TABELA 11 – Actividades e factores de risco (fase de exploração) – SOCIO-ECONOMIA

FACTOR DE RISCO	CAUSAS			SISTEMAS DE DETECÇÃO (EXISTENTES E/OU PREVISTOS)		EFEITOS/GRAVIDADE		NPR	C
	INTERNAS	EXTERNAS	P	DESCRIÇÃO	D	DESCRIÇÃO	G		
<b>FRE1</b> – Acidentes com material circulante (colisão entre composições, colisão de composição com objecto ou pessoa na via, descarrilamento).	Avaria no sistema de sinalização. Falhas humanas. Excesso de velocidade	Queda de pessoas e/ou objectos na via	1	Sinalização baseada no sistema de cantonamento ferroviário, impedindo o acesso de qualquer comboio a um troço de via (cantão) já ocupado com outro comboio. Sistema de sinalização e de protecção tipo fail safe. Sistema de comunicações internas com todos os pontos da rede total em caso de emergência	2	Acidentes com danos humanos e materiais	10	<b>20 baixo</b>	10
<b>FRE2</b> – Incêndios nas composições, na via ou nas estações.	Avarias. Falhas humanas	Erro humano. Incúria	1	Instalação de detectores de incêndio, pontos de água e extintores. Vigilância específica.	2	Acidentes com danos humanos e materiais	8	<b>16 baixo</b>	8
<b>FRE3</b> – Acidentes com passageiros (entalamento nas portas no embarque ou desembarque, mão presa na abertura das portas do comboio, quedas durante o embarque e desembarque, quedas em escadas rolantes, entalamento entre o cais e o comboio).	Avarias. Falhas humanas	Erro humano	6	Controlo do fecho de portas das composições, sempre que é detectado um obstáculo, complementado com impossibilidade de arranque do comboio sem portas completamente fechadas e de abertura de portas sem ter sido atingida a velocidade zero.	2	Acidentes com pessoas	4	<b>48 baixo</b>	24
<b>FRE4</b> – Vibrações nas edificações nas zonas correspondente a troços de baixo recobrimento.	Circulação das composições	-	3	Reclamação da população Monitorização	2	Efeito de incomodidade sistemática de residentes e trabalhadores	5	<b>30 baixo</b>	15

MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO (NPR>100)



(cont.)

TABELA 11 (cont.) – Actividades e factores de risco (fase de exploração) – SOCIO-ECONOMIA

FACTOR DE RISCO	CAUSAS			SISTEMAS DE DETECÇÃO (EXISTENTES E/OU PREVISTOS)		EFEITOS/GRAVIDADE		NPR	C
	INTERNAS	EXTERNAS	P	DESCRIÇÃO	D	DESCRIÇÃO	G		
<b>FRE5</b> – Interrupção da circulação.	Avaria do sistema	Falha de alimentação eléctrica. Sabotagem.	6	Posto de Comando Central. Controlo pelos Inspectores de Linha.	1	Paralisação da circulação na linha.	3	<b>18 baixo</b>	18
<b>FRE6</b> – Interrupção do funcionamento do sistema de ventilação	Avaria do sistema	Falha de alimentação eléctrica. Sabotagem	4	Posto de Comando Central. Controlo pelos Inspectores de Linha.	2	Diminuição do débito de ar	4	<b>32 baixo</b>	16
<b>FRE7</b> – Falhas no sistema de drenagem	Entupimento. Manutenção deficiente.	Pluviosidade intensa. Falha de alimentação eléctrica	5	Posto de Comando Central. Controlo pelos Inspectores de Linha.	1	Inundação da via e do cais. Paralisação da circulação na linha e na rede.	5	<b>25 baixo</b>	25
<b>FRE8</b> – Interrupção do funcionamento das escadas rolantes ou dos ascensores	Avaria do sistema. Manutenção deficiente.	Falha de alimentação eléctrica. Sabotagem.	7	Posto de Comando Central. Controlo pelos Inspectores de Linha.	3	Diminuição da qualidade do serviço.	3	<b>63 baixo</b>	21

MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO (NPR>100)

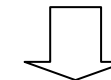


TABELA 12 – Actividades e factores de risco (fase de construção) – GEOLOGIA E GEOTECNIA

FACTOR DE RISCO	CAUSAS			SISTEMAS DE DETECÇÃO (EXISTENTES E/OU PREVISTOS)		EFEITOS/GRAVIDADE		NPR	C
	INTERNAS	EXTERNAS	P	DESCRIÇÃO	D	DESCRIÇÃO	G		
<b>FRC5</b> – Sobre-fracturação do maciço rochoso	Utilização de métodos de escavação inadequados	-	1	Instrumentação adequada à observação do desenvolvimento da obra, com medição de velocidade de propagação sísmica e coeficientes de atenuação.	2	Situções de instabilidade e desabamento	6	<b>12</b> baixo	6
<b>FRC6</b> – Deformações, assentamentos e subsidências		-	1		2		4	<b>8</b> Muito baixo	3

MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO (NPR>100)

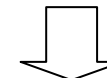


TABELA 13 – Actividades e factores de risco (fase de construção) – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

FACTOR DE RISCO	CAUSAS			SISTEMAS DE DETECÇÃO (EXISTENTES E/OU PREVISTOS)		EFEITOS/GRAVIDADE		NPR	C
	INTERNAS	EXTERNAS	P	DESCRIÇÃO	D	DESCRIÇÃO	G		
<b>FRC8</b> – Variações do nível freático	Escavações e fracturação da rocha	-	1	Aparecimento de exurgências nas paredes de corte Observação atenta do operador	1	Anomalia do abastecimento de água de origem subterrânea local. Diminuição eventual da qualidade da água	3	<b>3</b> Muito baixo	1
<b>FRC9</b> – Contaminação das águas subterrâneas	Avaria de equipamentos Acidente	-	6		6		6	<b>18</b> baixo	10

MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO (NPR>100)

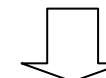


TABELA 14 – Actividades e factores de risco (fase de construção) – AR

FACTOR DE RISCO	CAUSAS			SISTEMAS DE DETECÇÃO (EXISTENTES E/OU PREVISTOS)		EFEITOS/GRAVIDADE		NPR	C
	INTERNAS	EXTERNAS	P	DESCRIÇÃO	D	DESCRIÇÃO	G		
<b>FRC10</b> – Poluição da atmosfera subterrânea	Operações de corte e utilização de maquinaria e veículos em obra	-	8	Aumento visível da quantidade de material particulado (poeiras) e cheiros a combustível na atmosfera interior (área de trabalho)	4	Incomodidade sistemática dos trabalhadores Problemas respiratórios e de visão	8	<b>256 elevado</b>	38

MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO (NPR>100)

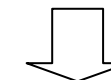
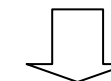


TABELA 15 – Actividades e factores de risco (fase de construção) – SOLOS, HIDROLOGIA

FACTOR DE RISCO	CAUSAS			SISTEMAS DE DETECÇÃO (EXISTENTES E/OU PREVISTOS)		EFEITOS/GRAVIDADE		NPR	C
	INTERNAS	EXTERNAS	P	DESCRIÇÃO	D	DESCRIÇÃO	G		
<b>FRC11</b> – Rotura ou dano na rede de drenagem de águas residuais	Falha na execução dos trabalhos	Falha cadastral	8	Reconfirmação cadastral através de sondagens de reconhecimento e do levantamento topográfico. Observação atenta do operador.	3	Contaminação de solos e águas subterrâneas	4	<b>96 médio</b>	32
<b>FRC12</b> – Derrames de óleos, combustível e outros poluentes nos estaleiros e frentes de obra.	Erro humano/incúria/negligência. Acidente Avaria de equipamentos	-	8	Supervisão por parte da direcção técnica e fiscalização da obra.  Reclamação da população	3	Derrame localizado de poluentes. Contaminação dos solos numa grande extensão e contaminação das águas subterrâneas	3	<b>72 médio</b>	24

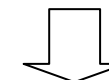
MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO (NPR>100)



**TABELA 16 – Actividades e factores de risco (fase de construção) – PATRIMÓNIO**

FACTOR DE RISCO	CAUSAS			SISTEMAS DE DETECÇÃO (EXISTENTES E/OU PREVISTOS)		EFEITOS/GRAVIDADE		NPR	C
	INTERNAS	EXTERNAS	P	DESCRIÇÃO	D	DESCRIÇÃO	G		
<b>FRC13</b> – Vibrações no aqueduto das Águas Livres	Execução dos trabalhos	Ocorrência de factores locais (tipologia das formações geológicas e presença de água) que favorecem a propagação de vibrações	6	Reclamação da EPAL. Intervenção do IGESPAR	5	Afectação da integridades estrutural do Aqueduto com eventual interrupção da adução de água	6	<b>180 médio</b>	36

**MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO (NPR>100)**



Monitorização pontual das vibrações nos locais críticos identificados



---

## BIBLIOGRAFIA

LNEC (2000) – Seminário “*Ambiente em Edifícios Urbanos*”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2000

LNEC (2003) – “Aspectos Regulamentares e Normativos no Domínio do Ruído e Vibrações”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2003

ML (2004) – “Empreitada de Execução dos Toscos da Estação Falagueira. Relatório Final de Acompanhamento Ambiental”, Metropolitano de Lisboa, EP., Lisboa, 2004

ML (2008) – “Relatório da 2ª Campanha de Monitorização de Vibrações da Empreitada ML 644/04 - Execução dos toscos entre a Estação do Oriente e a Estação do Aeroporto, da Linha Vermelha”, Metropolitano de Lisboa, EP., Lisboa.

RSAEEP (1983) - “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes”. Decreto-Lei nº 235/83, Lisboa

SILVA, Pedro Martins da (2004) – “Estudo de condicionamento anti-vibratório – Prolongamento da Linha Azul (Terreiro do Paço-Santa Apolónia) – Relatório Final”. Engenharia de Acústica e Ambiente. Lisboa.

LONGO, Simone, GAMA, Carlos Dinis (s.d) “ANÁLISE DE RISCOS INERENTES ÀS VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS ÀS ESTRUTURAS”, Centro de Geotecnia do Instituto Superior Técnico, Lisboa