

## EXPOSIÇÃO A INFRASSONS EM LINHAS DE METROPOLITANO

Hélder Simões<sup>1</sup> João Figueiredo<sup>2</sup>, José Batista<sup>3</sup>, Miguel Ferreira<sup>4</sup>, Ana Ferreira<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Coimbra – Portugal, Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Departamento de Saúde Ambiental:  
heldersimoes@estescoimbra.pr

<sup>2</sup> Instituto Politécnico de Coimbra – Portugal, Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Departamento Ciências  
Complementares: jpfigueiredo@estescoimbra.pt)

<sup>3</sup> Instituto Politécnico de Coimbra – Portugal, Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Departamento de Saúde Ambiental:  
jb\_1\_95@hotmail.com)

<sup>4</sup> Instituto Politécnico de Coimbra – Portugal, Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Departamento de Saúde Ambiental:  
mrferreira111@gmail.com)

<sup>5</sup> Instituto Politécnico de Coimbra – Portugal, Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Departamento de Saúde Ambiental:  
anaferreira@estescoimbra.pt)

### Resumo

Os utilizadores e trabalhadores da rede metropolitana encontram-se expostos ao ruído ambiental. As potenciais patologias resultantes da exposição ao ruído são: perturbações do sono, diminuição da acuidade auditiva, diminuição da concentração, aumento da irritabilidade, aumento tensão arterial e a nível mais severo, surdez. Este estudo teve como objetivo perceber se a população adjacente à utilização de um meio metropolitano e os trabalhadores desse meio são influenciados pela libertação de vibrações que resultam em infrassons.

Recorreu-se ao equipamento Cesva SC420 para recolha de dados, seguidamente foram utilizados os softwares CesvaLab. Das 9 estações presentes no estudo, apenas uma apresenta valores de exposição a infrassons abaixo dos valores limite tabelados. Todas as restantes apresentam valores que ultrapassam e/ou estão muito próximas do valor limite. Face aos valores encontrados e tendo em conta os critérios aplicados no estudo podemos afirmar que existem situações que podem pôr em causa quer a saúde dos trabalhadores quer a saúde da população utilizadora deste meio de transporte.

**Palavras-chave:** Metropolitano; Exposição a infrassons; Ruído Ocupacional; Doenças Vibroacústicas; Ruído em transportes.

### Abstract

Users and workers in the metropolitan network are exposed to environmental noise. The potential pathologies resulting from exposure to noise are: sleep disturbances, decreased hearing acuity, decreased concentration, increased irritability, increased blood pressure and at the most severe level, deafness. This study aimed to understand whether the population adjacent to the use of a metropolitan environment and the workers in that environment are influenced by the release of vibrations that result in infrasound.

The Cesva SC420 equipment was used for data collection, then the CesvaLab software was used. Of the 9 stations present in the study, only one shows infrasound exposure values below the tabulated limit values. All others have values that exceed and / or are very close to the limit value. In view of the values found and taking into account the criteria applied in the study, we can say that there are situations that can jeopardize both the health of workers and the health of the population using this means of transport.

**Keywords:** instructions, format, rules, recommendations, maximum of 5.

**PACS 43.50.Lj Fuentes de ruido de medios de transporte: aéreo, rodado, ferrocarril y marino**

## 1. Introdução

Atualmente, o desenvolvimento urbano exige melhores condições de acessibilidade para as populações inseridas nas cidades. Para tal, o desenvolvimento dos meios de transporte é imprescindível, uma vez que permite a deslocação dos utilizadores no seu quotidiano. Desta forma, os meios de transporte estão paralelamente condicionados com o desenvolvimento cidadão [1].

A melhoria da qualidade de vida da população utilizadora dos meios de transporte, encontra-se dependente da funcionalidade e qualidade dos mesmos, nomeadamente acessibilidade, rapidez, comodidade e qualidade ambiental. Inseridos nos transportes públicos, está a rede metropolitana, essencial para a melhoria da qualidade de vida da população, nas deslocações diárias [2].

Os utilizadores e trabalhadores da rede metropolitana frequentam, no dia a dia, vários momentos de exposição ao ruído ambiental, devido ao facto de utilizarem as estações de metro, locais onde o ruído é elevado. Nessas estações, o ruído é um fator colateral da passagem dos comboios/metro, comprometendo, quer o conforto dos passageiros e trabalhadores, quer a saúde dos mesmos. Pretende-se que o nível de ruído seja diminuído, até valores não prejudiciais à saúde humana, uma vez que a exposição a níveis elevados corresponde a um risco para a saúde pública [3].

Do ponto de vista físico pode definir-se o ruído como toda a vibração mecânica estatisticamente aleatória de um meio elástico. Do ponto de vista fisiológico, será todo o fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa [4].

O ruído de baixa frequência e infrassons encontram-se em diversos locais, dependendo das atividades desenvolvidas, nos meios rurais ou urbanos. Com a evolução da ciência o espectro acústico foi especificado em três partes: audível, infrassons e ultrassons, sendo que os dois primeiros foram considerados potencialmente perigosos para a saúde humana [5].

O órgão responsável pela capacidade auditiva é o ouvido, apresenta características que permitem detetar as vibrações no ar. Após a deteção, o ouvido transforma essas vibrações em impulsos nervosos, que são decodificados pelo cérebro. Sendo um órgão sensorial, tem consequências no equilíbrio do corpo humano, as quais se forem negativas podem comprometer a saúde do indivíduo [5][6].

As patologias inferidas de uma prolongada exposição ao ruído, a nível individual são: perturbações do sono (sono não reparador), diminuição da acuidade auditiva, diminuição da concentração, aumento da irritabilidade, aumento tensão arterial e a nível mais severo, surdez [5][6]. Nem todas as frequências são detetadas pelo ouvido, existem gamas mais baixas as quais o ouvido não apresenta capacidade de processar, que são fenómenos não audíveis. As patologias associadas a estes fenómenos são, de igual forma ou superior, potenciadoras de situações clínicas irreversíveis [7].

Atualmente a disfunção auditiva constitui uma preocupação ao nível da saúde do indivíduo, deste modo a perda auditiva tem sido alvo de diversos estudos e contemplada na legislação portuguesa. A perda de acuidade auditiva acontece na área de captação do ouvido. Embora a perda auditiva seja um fator patológico severo, existem outras condições de saúde que advêm da exposição a infrassons, nomeadamente, cansaço, alteração da qualidade do sono, distúrbios ao nível do sistema gastrointestinal, aumento do nível de stress (sintomatologia psíquica e/ou física), disfunção do sistema endócrino, alterações no sistema cardiovascular bem como do sistema respiratório. Qualquer das situações supra podem existir individualmente ou em simultâneo [7].

A Doença Vibroacústica, é uma patologia (em 50% dos casos estudados) proveniente da exposição prolongada (>10 anos) a ruído de níveis mais elevados que 90dB em frequências menores que 500Hz. Esta doença, caracteriza-se pela proliferação anormal das matrizes extracelulares em resposta à agressão causada pelo impacto e propagação das vibrações acústicas sobre as células [8].

O impacto do ruído ambiental é ainda um fenómeno em estudo, carece de conhecimentos que fundamentem conclusões objetivas e diretas de forma a que possam complementar a legislação em vigor. O investimento no estudo da área do ruído ambiental, permitirá obter conclusões acerca do impacto nas populações adjacentes. Todo o conhecimento adquirido permite atualização de protocolos e procedimentos técnicos, como exemplo, aparelhos de monitorização e controlo da exposição a ruído

das populações ao risco. Estas ações possibilitaram a implementação medidas preventivas, melhorando a qualidade de vida individual e organizacional, diminuindo a incidência de situações patológicas, objetivando a promoção da saúde pública [9].

No sentido de avaliar a exposição a infrassons e os seus potenciais riscos para a saúde humana, este estudo teve como objetivo perceber se a população adjacente à utilização de um meio metropolitano e os trabalhadores desse meio seriam influenciados pela libertação de vibrações que resultam em infrassons.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Desenho de Estudo**

Para avaliar a exposição a infrassons a que a população utilizadora de um metro está exposta efetuou-se uma recolha de dados que permitiu a concretização da investigação iniciada em setembro de 2019 com o término, em setembro de 2020. O presente estudo classificou-se do tipo observacional, descritivo-exploratório e de corte transversal.

### **2.2 População e Amostra**

Os dados foram recolhidos entre 9 estações de um metropolitano. As amostras de ruído foram recolhida durante o mês de dezembro de 2019.

### **2.3 Instrumentos e Recolha de dados**

Para a presente investigação, utilizou-se o equipamento de medição Cesva SC420, equipado com um microfone, com a capacidade de medir infrassons, e o respetivo protetor de vento. Iniciou-se a recolha, realizando-se medições com a duração de 60s, transportando o sonómetro em posições possíveis no interior da carruagem, minimizando as interferências externas adjacentes.

O equipamento recolheu amostras de frequências, no modo FFT (Fast Fourier Transform), compreendidas entre os 2Hz e os 20000Hz, para cada uma das estações supra escritas. Contudo, para o presente estudo, apenas se considerou o intervalo de frequências dos 2Hz aos 20Hz (2Hz, 4Hz, 6Hz, 8Hz, 10Hz, 12Hz, 14Hz, 16Hz, 18Hz e 20Hz).

Posteriormente os dados recolhidos pelo Cesva SC420 foram extraídos para um computador, para obter a visualização dos resultados, recorrendo-se ao software CesvaLab versão 3.2. Este Software permitiu a visualização numérica e gráfica simultânea em painéis sincronizados.

### **2.4 Análise estatística**

Para a melhor interpretação dos resultados obtidos recorreu-se às medidas de tendência central (média) e dispersão (desvio padrão), com o auxílio do programa supra.

Após o tratamento de dados efetuou-se uma análise dos valores de dB (decibéis) nas frequências supracitadas, com as nove estações onde foram feitas as recolhas de amostras, confrontando-se os dados obtidos com critérios de referência existentes, que objetivam a proteção de trabalhadores e população em geral.

### 3. Resultados

Os resultados obtidos foram colocados em tabelas entre os locais escolhidos e o intervalo de frequências 2Hz a 20Hz, para melhor interpretação dos mesmos. Vejamos a tabela seguinte:

Tabela 1 - Resultados obtidos nas estações por frequência

Locais de Medição	2Hz	4Hz	6Hz	8Hz	10Hz	12Hz	14Hz	16Hz	18Hz	20Hz
Local 1	81,4	79,4	79,9	76,8	71,4	71,3	74,9	76,1	74,4	74,8
Local 2	92,0	90,2	86,0	78,7	76,3	77,1	78,1	76,6	73,2	72,9
Local 3	94,0	89,6	87,5	83,2	80,9	77,3	77,0	81,4	84,9	81,0
Local 4	92,6	90,2	85,3	79,7	76,6	75,2	77,5	78,7	78,8	77,7
Local 5	94,2	91,0	88,0	84,6	81,9	82,8	80,8	80,2	79,8	79,2
Local 6	90,4	83,4	78,6	76,2	75,2	75,4	81,3	83,1	81,1	79,8
Local 7	89,4	79,9	75,9	75,1	73,1	72,1	72,6	73,0	73,4	72,5
Local 8	85,8	77,7	76,2	75,4	72,1	74,1	76,4	76,5	77,0	74,9
Local 9	89,2	83,4	78,0	75,4	74,8	74,2	79,4	81,5	81,5	81,0

O gráfico 1 identifica cada um dos locais para cada gama de frequência.

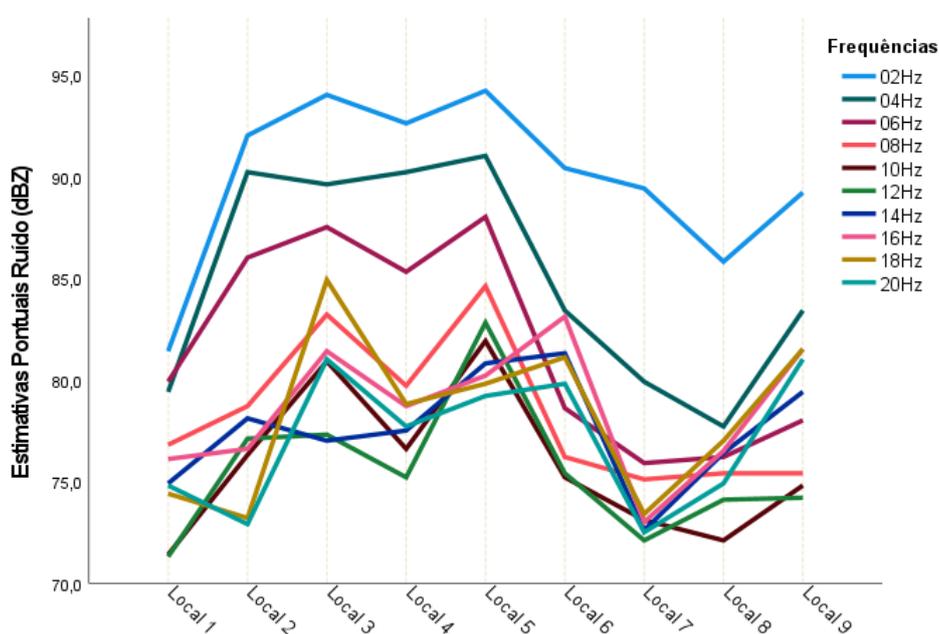


Gráfico 1 – Locais de medição por frequência sonora

Após análise dos resultados verificou-se que, no presente estudo, os valores variam entre os 71.3dB e os 94.2dB. Na frequência de 2Hz, o Local 5 registou o nível sonoro mais elevado, mais precisamente 94.2dB, enquanto que o Local 1 contabilizou o menor valor, 81.4 dB.

Na frequência de 4Hz, os Locais 3 e 4 apresentam o registo mais elevado, 90.2dB, e o Local 8 obteve o valor mais baixo, 77.7dB.

Para as frequências 6Hz, 8Hz, 10Hz, 12Hz o Local 5 atingiu os valores mais elevados, sendo estes 88.0dB, 84.6dB 81.9dB e 82.8dB, respetivamente. Os valores mais diminutos foram de 75.9dB, 75.1dB, 71.4dB e 71.3dB, sendo que os dois primeiros valores se referem ao Local 7 e os segundos valores representam os dados obtidos no Local 1, para as mesmas frequências.

Os dados obtidos nas frequências 14Hz e 16Hz verificamos que o Local 6 apresenta os valores mais altos, respetivamente 81.3dB e 83.1dB. Em contrapartida, o Local 7 apresenta os valores mínimos, 72.6dB e 73.0dB, para as mesmas frequências.

Relativamente à frequência de 18Hz o valor máximo foi identificado no Local 3 com um valor de 84.9dB enquanto o valor mínimo registado para esta frequência foi de 73.2dB no Local 2.

Para a frequência de 20Hz o valor máximo foi de 81.0dB e este valor foi reconhecido tanto no Local 3 como no Local 9. O valor mais baixo foi de 72.5dB apresentado no Local 7.

Na presente investigação desenvolveu-se um esforço de procura de critérios de referência estabelecidos para a exposição a infrassons, nomeadamente aqueles que objetivassem a preservação da saúde humana e a prevenção de doenças, com ênfase nas vibroacústicas. Nesse sentido, recorreremos aos valores de referência publicados em 2000 [10].

Tabela 2 – Cruzamento de dados de exposição a infrassons dos trabalhadores nas frequências 2Hz, 4Hz, 8Hz e 16Hz com os valores limite.

	<b>2Hz</b>	<b>4Hz</b>	<b>8Hz</b>	<b>16Hz</b>
<i>Valor Limite</i>	95.0dB	90.0 dB	85.0 dB	80.0 dB
Local 1	81,4 dB	79,4 dB	76,8 dB	76,1 dB
Local 2	92,0 dB	90,2 dB	78,7 dB	76,6 dB
Local 3	94,0 dB	89,6 dB	83,2 dB	81,4 dB
Local 4	92,6 dB	90,2 dB	79,7 dB	78,7 dB
Local 5	94,2 dB	91,0 dB	84,6 dB	80,2 dB
Local 6	90,4 dB	83,4 dB	76,2 dB	83,1 dB
Local 7	89,4 dB	79,9 dB	75,1 dB	73,0 dB
Local 8	85,8 dB	77,7 dB	75,4 dB	76,5 dB
Local 9	89,2 dB	83,4 dB	75,4 dB	81,5 dB

Face aos valores encontrados nas medições realizadas, confrontados com os critérios para preservação da saúde pública e ocupacional dos indivíduos expostos a infrassons evidenciados na tabela supra nas frequências (tabela 3): 2Hz; 4Hz; 8Hz e 16Hz, constatou-se que existem situações em que poderá estar posta em causa a saúde das populações expostas (incluindo profissionais), aos sons que amostrámos (tabela 4).

Tabela 3 - Cruzamento de dados de exposição a infrassons da população, utilizadora do meio metropolitano, nas frequências 2Hz, 4Hz, 8Hz e 16Hz com os valores limite.

	<b>2Hz</b>	<b>4Hz</b>	<b>8Hz</b>	<b>16Hz</b>
<i>Valor Limite</i>	90.0 dB	85.0 dB	80.0 dB	75.0 dB
Local 1	81,4 dB	79,4 dB	76,8 dB	76,1 dB
Local 2	92,0 dB	90,2 dB	78,7 dB	76,6 dB
Local 3	94,0 dB	89,6 dB	83,2 dB	81,4 dB
Local 4	92,6 dB	90,2 dB	79,7 dB	78,7 dB
Local 5	94,2 dB	91,0 dB	84,6 dB	80,2 dB
Local 6	90,4 dB	83,4 dB	76,2 dB	83,1 dB
Local 7	89,4 dB	79,9 dB	75,1 dB	73,0 dB
Local 8	85,8 dB	77,7 dB	75,4 dB	76,5 dB
Local 9	89,2 dB	83,4 dB	75,4 dB	81,5 dB

Na estação 1 não se atingiram os valores limite de exposição aos infrassons para os trabalhadores nas frequências medidas, contudo apresenta um valor muito próximo(76,1dB) na frequência de 16Hz. No que diz respeito à exposição aos infrassons das populações que utilizam este serviço de transporte nesta estação, os valores aproximam-se do valor limite na frequência 8Hz (76,8dB) chegando a ultrapassar na frequência 16Hz, com número de 76,1dB.

Relativamente à estação 2, os valores limite de exposição foram ultrapassados na frequência 4Hz com número de decibéis de 90.2, apresenta ainda valores muito próximos ao limite nas frequências de 2Hz e 16Hz com valores de 92.0dB e 76.6dB respetivamente, para o grupo dos trabalhadores. A população viajante ultrapassa os valores limite de exposição nas frequências 2Hz, 4Hz e 16Hz com valores de 92.0dB, 90.2dB e 76.6dB. Na frequência de 8Hz foi obtido o valor de 78.7dB, aproximando-se do limite. A estação 3 apresenta valores muito próximos do valor limite de exposição a infrassons aos trabalhadores, nas frequências 2Hz, 4Hz e 8Hz sendo esses valores de 94.0dB, 89.6dB e 83.2dB chegando a transpor o limite na frequência de 16Hz com o valor 81.4dB. No que diz respeito à exposição da população utilizadora deste meio de transporte, os valores obtidos apresentam-se no total acima do valor limite tabelado.

Para os trabalhadores da estação 4, os valores limite de exposição a infrassons foram ultrapassados na frequência 4Hz com valor de 90.2dB, existe ainda exposição perto dos valores limite para as frequências 2Hz e 16Hz, que são 92.6dB e 78.7dB, respetivamente. Para a população inserida no contexto da utilização do metropolitano, na estação supra, os valores limite foram excedidos (92.6dB, 90.2dB e 78.7dB) em todas as frequências com a exceção da frequência 8Hz onde o valor obtido(79.7dB) se encontra muito perto dos valores limite.

Na estação 5 os trabalhadores estão expostos a níveis muito próximos dos valores limite para as frequências 2Hz(94.2dB) e 8Hz(84.6dB), excedendo o limite nas frequências 4Hz e 16Hz, com os valores 91.0dB e 80.2dB, respetivamente. No entanto, os dados obtidos, mostram que os valores de exposição da população a infrassons, nesta estação, ultrapassaram os valores limite em todas as frequências, 94.2dB(2Hz), 91.0dB(4Hz), 84.6dB(8Hz) e 80.2dB(16Hz).

Confrontando os dados obtidos na estação 6 com a tabela supra, nos valores a que os trabalhadores estão expostos, existe excedência na frequência 16Hz com valor de 83.1dB. O valor obtido na frequência 2Hz situa-se muito perto do valor limite (90.4dB). A exposição a que a população inserida no meio metropolitano, nesta mesma estação, apresenta valores excedidos aos valores limite nas frequências 2Hz(90.4dB) e 16Hz(83.1dB), existem ainda valores muito próximos nas frequências 4Hz e 8Hz com valores de 83.4dB e 76.2dB.

Relativamente à estação 7, os resultados de exposição dos trabalhadores a infrassons foram positivos, uma vez que se encontram abaixo dos valores limite. Contudo, para a população utilizadora deste meio de transporte, os dados obtidos, embora abaixo dos valores limite, encontram-se muito perto destes, nas frequências 2Hz (89.4dB) e 8Hz (75.1dB).

Enquadrando-se no mesmo registo que a estação 7, a estação 8, apresenta valores obtidos para exposição dos trabalhadores, abaixo dos valores limite. Contudo, na frequência 16Hz o valor(76.5dB) encontra-se muito próximo do valor limite tabelado. Por outro lado, os dados obtidos, de exposição da população a infrassons, na estação 8, mostram que os valores limite foram excedidos na frequência 16Hz(76.5dB) e nas frequências 2Hz e 8Hz os valores 85.8dB e 75.4dB, respetivamente, encontram-se muito próximos. Na última estação analisada, face à exposição dos trabalhadores a infrassons, para as frequências 4Hz e 16Hz foram obtidos os valores 83.4dB e 81.5dB, respetivamente, os quais são superiores aos valores limite. Não obstante, os valores a que a população considerada, na estação 9, deste meio metropolitano, está exposta, são: 89.2dB (2Hz); 83.4dB (4Hz); 75.4dB (8Hz) e 81.5dB(16Hz). Destes valores, os que se encontram nas frequências 2Hz, 4Hz e 8Hz apresentam-se adjacentes aos valores limite, chegando a ultrapassar a barreira na frequência 16Hz.

O valor mais elevado obtido, independentemente da frequência, foi de 94.2dB. O valor de referência global dB "LIN", presente na Figura 2, é de 95.0dB para os trabalhadores e 90.0dB para a população adjacente.

O valor máximo obtido (94.2dB) ultrapassa o valor limite tabelado (90.0dB) de exposição a infrassons para a população, adjacente à utilização deste metropolitano, nas estações acima identificadas. Confrontando o valor máximo obtido(94.2dB) com o valor limite tabelado(95.0dB) de exposição a infrassons para os trabalhadores, verifica-se que embora o valor obtido não ultrapasse o valor limite, este encontra-se muito próximo.

#### 4. Conclusões

Face aos valores encontrados e tendo em conta os critérios aplicados no estudo podemos afirmar que existem situações que podem por em causa quer a saúde dos trabalhadores quer a saúde da população utilizadora deste meio de transporte, com ênfase em todas as estações, à exceção da estação 7.

Quem está exposto a este tipo de risco pode desenvolver um conjunto de alterações da sua saúde, não apenas patologias auditivas, mas principalmente extra auditivas (patologias como distúrbios neurológicos, distúrbios respiratórios e problemas cardiovasculares).

Salienta-se a importância dos elevados valores encontrados e sublinha-se a necessidade de se diminuírem, não só, esses valores, mas também o tempo de exposição aos mesmos, fator determinante para o nível de risco a que as populações trabalhadora e pública em geral poderão estar sujeitas.

Objetivavam os autores do estudo realizar um conjunto de amostragens que permitissem maior expressão da realidade a caracterizar, no entanto, a pandemia que ocorreu durante o período do presente estudo não permitiu que se cumprissem as medições planificadas.

Sugere-se que, no futuro, outros investigadores possam dar continuidade a esse objetivo fazendo luz sobre um conhecimento que urge alcançar no sentido de melhor conhecer os níveis de exposição, dos indivíduos que trabalham e utilizam linhas de metropolitano, complementando este estudo com a pesquisa de eventuais consequências na saúde dessas populações, uma vez que, por ser um risco não percebido pelos órgãos dos sentidos, poderá ter uma desvalorização por parte da população exposta.

#### Referências

- [1] Gutierrez, M. M. *Análise da evolução da demanda por transportes associada à implantação de estações de metrô*. (2013), pp.84.
- [2] Manuel, P., & Pinho, C. (2016). *Análise territorial do impacte da rede de Metro do Porto*.
- [3] Costa, J.. *Caracterização Acústica de Estações de Metro - Caso de Estudo: Metro do Porto*. 2018. 122. Retrieved from. [https://sigarra.up.pt/feup/en/pub\\_geral.pub\\_view?pi\\_pub\\_base\\_id=278831](https://sigarra.up.pt/feup/en/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=278831)
- [4] Simões, S. *Ruído e Vibrações no Corpo Humano*. Mestrado Em Segurança E Higiene No Trabalho – 1o Ano (7a Edição), 2014,pp.83.
- [5] Alves-Pereira, M., & Branco, N. In *On the impact of infrasoun and low frequency noise on public health - two cases of residential exposure*. *Revista Lusófona de Ciências e Tecnologias da Saúde*. 2007, pp.186–200.
- [6] Alves-Pereira, M., & Branco, N. *Contribuição para o conceito dose-resposta em exposições a Infrasons e ruído de baixa frequência*. *Revista Lusófona de Ciências e Tecnologias Da Saúde*, 6(1) 2009), pp.31–44.
- [7] Almeida, J.. *Análise geográfica do risco de exposição a infrasons e ruído de baixa frequência nas turbinas eólicas*. 2018. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/10316/87572>
- [8] Magalhães, A. A. *Doença Vibroacústica - Estudo Geral*. 2010, pp.1–83.

- [9] Silva, M., & Pinho, P. *Medição e avaliação do ruído ambiente - Estudo dos fatores que condicionam a determinação dos níveis de pressão sonora*. 2012, pp.58.
- [10] Stepanov. V. *Biological Effects of Low Frequency Acoustic Oscillations and their Hygienic Regulation*. 2000.