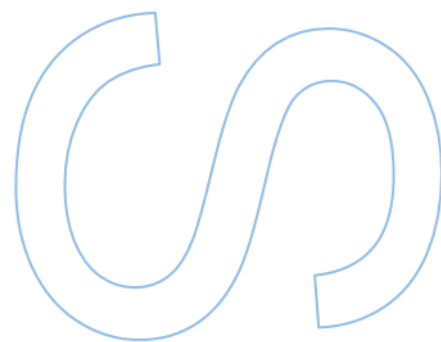
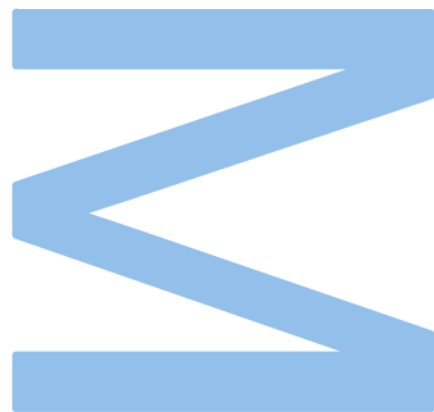


Avaliações de Acústica no Âmbito Ambiental e Ocupacional, Iluminância e Ambiente Térmico

Pedro Teixeira

Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2025



Avaliações de Acústica no Âmbito Ambiental e Ocupacional, Iluminância e Ambiente Térmico

Pedro Teixeira

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente.

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território.
2025

Orientador

Manuel Azenha, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Supervisor externo na Entidade de Acolhimento

Armando Pereira, Técnico de Laboratório de Ensaios, A. Ramalhão – Consultoria Gestão e Serviços, Lda



Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha sincera gratidão a todas as pessoas e entidades que tornaram possível a realização deste estágio e o desenvolvimento deste relatório.

Em primeiro lugar, agradeço ao Professor Manuel Azenha pela sua orientação, paciência e apoio durante todo o processo. A sua disponibilidade e orientação foram essenciais para o sucesso deste estágio.

Ao meu supervisor local, Armando Pereira, agradeço pela paciência e pela oportunidade de aprender na prática.

Por fim, agradeço à empresa A. Ramalhão por me ter acolhido e proporcionado um ambiente propício à aprendizagem e ao crescimento profissional. A experiência vivida durante este período foi de grande valor para o meu desenvolvimento pessoal e académico.

Resumo

Este relatório documenta o estágio curricular realizado na empresa A. Ramalho - Consultoria Gestão e Serviços, Lda, no âmbito do Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. A empresa, com 29 anos de experiência em consultoria ambiental, desenvolveu um laboratório acreditado especializado em ensaios ambientais, abrangendo os pilares energia, ambiente e segurança no trabalho. O estágio teve como principal objetivo proporcionar experiência prática na aplicação de conhecimentos teóricos em avaliações ambientais multidisciplinares, especificamente em acústica ambiental e ocupacional, iluminância e conforto térmico. A metodologia aplicada seguiu rigorosamente as normas nacionais e internacionais vigentes, utilizando equipamentos calibrados e procedimentos normalizados para cada parâmetro avaliado. No domínio do ruído ambiental, foram realizadas medições em conformidade com o Regulamento Geral do Ruído e as normas NP ISO 1996, utilizando sonómetros de classe 1 em períodos diurno, entardecer e noturno. Para o ruído ocupacional, a avaliação seguiu o Decreto-Lei N°182/2006 e a norma NP EN ISO 9612, aplicando estratégias baseadas em tarefas nos postos de trabalho. As medições de iluminância foram executadas segundo a norma EN 12464-1:2021, utilizando luxímetros calibrados e grelhas de medição normalizadas. O ambiente térmico foi avaliado através das normas ISO 7726, 7730, utilizando termómetros de bolbo seco, húmido e globo negro, anemómetros e higrómetros para cálculo dos índices PMV e PPD. Os resultados revelaram que, relativamente ao ruído ambiental, a empresa apresentou conformidade com os valores limite de exposição estabelecidos para zona mista, com indicadores Lden e Ln inferiores aos limites de 65 e 55 dB(A), respetivamente. Contudo, verificou-se incumprimento do critério de incomodidade no Ponto 1, com diferenças entre ruído ambiente e residual de 8 dB(A) no período diurno, 6 dB(A) no entardecer e 9 dB(A) no noturno, excedendo os limites legais de 5, 4 e 3 dB(A). Quanto ao ruído ocupacional, dos quatro trabalhadores avaliados, o Trabalhador 1, afeto às tarefas de trituração, apresentou um nível de exposição diária LEX,8h de 90,0 dB(A), excedendo o valor limite de ação superior e configurando risco muito elevado para a saúde auditiva. Os Trabalhadores 2 e 3 registaram valores de 83,9 e 83,6 dB(A), respetivamente, situando-se acima do valor de ação inferior de 80 dB(A), enquanto o Trabalhador 4 apresentou conformidade com 57,3 dB(A). Nas avaliações de iluminância, das 14 secretárias analisadas, apenas três não cumpriram integralmente os requisitos da norma EN 12464-1, apresentando valores insuficientes face aos 500 lux recomendados para tarefas de escritório ou uniformidade

inadequada face a 0.6. Relativamente ao ambiente térmico, as medições revelaram situações de desconforto térmico em várias zonas, com índices PMV compreendidos entre -0,71 e -1,25 e PPD entre 15,5% e 37,6%, indicando sensações de frio superiores a valores limites de exposição recomendados. As conclusões evidenciam a necessidade de implementação de medidas corretivas específicas, nomeadamente a colocação de barreiras acústicas e otimização de equipamentos para controlo do ruído ambiental, o uso obrigatório de proteção auditiva e vigilância médica para os trabalhadores expostos a ruído ocupacional, a otimização dos sistemas de iluminação artificial e ajustes nos sistemas de climatização para melhoria do conforto térmico. Este trabalho demonstra a importância da gestão integrada dos parâmetros ambientais para garantir condições de trabalho saudáveis, seguras e em conformidade com os requisitos legais vigentes.

Palavras-chave: [avaliação ambiental, ruído ocupacional, iluminância, conforto térmico, PMV, PPD, normas ISO, EN 12464, segurança no trabalho, ambiente laboral]

Abstract

This report documents an internship undertaken at A. Ramalho - Consultancy Management and Services, Ltd., within the Master's program in Environmental Science and Technology at the Faculty of Sciences, University of Porto. The company, with 29 years of experience in environmental consultancy, has developed an accredited laboratory specializing in environmental testing, covering the pillars of energy, environment, and occupational safety. The internship's main objective was to provide practical experience in applying theoretical knowledge to multidisciplinary environmental assessments, specifically in environmental and occupational acoustics, illuminance, and thermal comfort. The applied methodology strictly followed current national and international standards, using calibrated equipment and standardized procedures for each evaluated parameter. In the field of environmental noise, measurements were conducted in compliance with the General Noise Regulation and NP ISO 1996 standards, using Class 1 sound level meters during daytime, evening, and nighttime periods. For occupational noise, the assessment followed Decree-Law 182/2006 and NP EN ISO 9612 standard, applying task-based and workplace-based strategies. Illuminance measurements were performed according to EN 12464-1 standard, using calibrated luxmeters and standardized measurement grids. The thermal environment was evaluated using ISO 7726, 7730, and 7243 standards, employing dry bulb, wet bulb, and black globe thermometers, anemometers, and hygrometers to calculate PMV and PPD indices. The results revealed that, regarding environmental noise, the company demonstrated compliance with exposure limit values established for mixed zones, with L_{den} and L_n indicators below the limits of 65 and 55 dB(A), respectively. However, the annoyance criterion was not met at Point 1, with differences between ambient and residual noise of 8 dB(A) during daytime, 6 dB(A) during evening, and 9 dB(A) during nighttime periods, exceeding the legal limits of 5, 4, and 3 dB(A). Concerning occupational noise, among the four evaluated workers, Worker 1, assigned to crushing tasks, presented a daily exposure level $LEX,8h$ of 90.0 dB(A), exceeding the exposure limit value of 87 dB(A) and indicating very high risk to hearing health. Workers 2 and 3 recorded values of 83.9 and 83.6 dB(A), respectively, situated above the lower action value of 80 dB(A), while Worker 4 demonstrated compliance with 57.3 dB(A). In illuminance assessments, of the 14 analyzed desks, only three failed to fully comply with EN 12464-1 standard requirements, presenting insufficient values compared to the recommended 500 lux for office tasks or inadequate uniformity. Regarding thermal environment, measurements revealed thermal discomfort situations in several zones,

with PMV indices ranging from -0.71 to -1.25 and PPD between 15.5% and 37.6%, indicating cold sensations exceeding recommended limits. The conclusions highlight the need for implementing specific corrective measures, namely the installation of acoustic barriers and equipment optimization for environmental noise control, mandatory use of hearing protection and medical surveillance for workers exposed to occupational noise, optimization of artificial lighting systems, and adjustments to climate control systems for improved thermal comfort. This work demonstrates the importance of integrated management of environmental parameters to ensure healthy, safe working conditions that comply with current legal requirements.

Keywords: [environmental assessment, occupational noise, illuminance, thermal comfort, PMV, PPD, ISO standards, EN 12464, workplace safety, occupational environment]

Índice

Introdução	1
1. Som	5
1.2 Escala Decibel	6
1.3 Pressão Sonora	7
1.4 Nível sonoro contínuo equivalente	8
1.5 Malhas de Ponderação	8
2. Ruído Ambiental	10
Efeitos do Ruído Ambiental	10
2.1 Ruído Residual	11
2.2 Instrumentos de Gestão Territorial	12
2.3 Ruído Ocupacional	15
3. Iluminância	16
4. Ambiente Térmico	17
Metodologia	18
1. Ruído Ambiental	18
2. Ruído Ocupacional	22
3. Iluminância	26
4. Ambiente Térmico	29
Resultados e Discussão	34
1. Ruído Ambiental	34
2. Ruído Ocupacional	42
3. Iluminância	48
4. Ambiente Térmico	50
Referências Bibliográficas	53

Anexo 157

Lista de Tabelas

Tabela 1- Dados do ensaio de ruído ambiental, ponto 1.	38
Tabela 2- Resultados do critério de incomodidade.	39
Tabela 3- Dias de funcionamento da empresa.	39
Tabela 4- Percentis de correção do valor limite em função da duração relativa da atividade ruidosa.	40
Tabela 5- Resultados LAeq do Ruído Ambiental e Residual.	40
Tabela 6- Resultados dos critérios de longa duração.	40
Tabela 7- Resultados do Lden e Ln.	40
Tabela 8- Dados do ensaio de ruído ambiental, ponto 2.	41
Tabela 9- Resultados do critério de incomodidade.	42
Tabela 10- Resultados LAeq do Ruído Ambiental e Residual.	42
Tabela 11- Resultados dos critérios de longa duração.	42
Tabela 12- Resultados do Lden e Ln.	42
Tabela 13- Dados do ensaio de ruído ocupacional.	45
Tabela 14- Resultados dos níveis de exposição diária do trabalhador 1.	46
Tabela 15- Resultados dos níveis de exposição diária do trabalhador 2.	47
Tabela 16- Resultados dos níveis de exposição diária do trabalhador 3.	47
Tabela 17- Resultados dos níveis de exposição diária do trabalhador 4.	47
Tabela 18- Dados e resultados da área de tarefa do ensaio de iluminância.	50
Tabela 19- Dados e resultados da área da vizinhança do ensaio de iluminância.	51
Tabela A 1- Dados dos protetores auditivos para o ruído ocupacional.	58
Tabela A 2.1- Dados de conforto térmico do escritório zona central.	60
Tabela A 2.2- Dados de conforto térmico do espaço aberto lado direito.	62
Tabela A 2.3- Dados de conforto térmico do espaço aberto lado esquerdo.	65

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa Municipal de ruído da Maia.	13
Figura 2 - Classificação do zonamento acústico.	20
Figura 3 - Sonómetro de classe exatidão 1.	21
Figura 4 - Luxímetro.	28
Figura 5 - Termómetro de bulbo seco, húmido e de globo negro.	32
Figura 6 - Anemómetro.	33
Figura 7 - Higrómetro ou psicrómetro.	34
Figura 8 - Imagem da localização da empresa fictícia.	37

Lista de Abreviaturas

DGES	DIREÇÃO GERAL DO ENSINO SUPERIOR
FCT	FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO
APA	AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE
NP	NORMA PORTUGUESA
EN	NORMA EUROPEIA
ISO	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
PMV	PREDICTED MEAN VOTE (ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO)
PPD	PREDICTED PERCENTAGE OF DISSATISFIED (PERCENTAGEM PREVISTA DE INSATISFEITOS)
EPI	EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL
RGR	REGULAMENTO GERAL DO RUÍDO
LAEQ,T	NÍVEL MÉDIO DE PRESSÃO SONORA CONTÍNUA EQUIVALENTE DURANTE O TEMPO T
LDEN	INDICADOR DE RUÍDO DIURNO-ENTARDECER-NOTURNO
LN	INDICADOR DE RUÍDO NOTURNO
NP EN ISSO	NORMA PORTUGUESA ADOTADA DA NORMA EUROPEIA E ISO
DB	DECIBEL
SPL	SOUND PRESSURE LEVEL (NÍVEL DE PRESSÃO SONORA)
PMV/PPD	ÍNDICES QUE AVALIAM CONFORTO TÉRMICO SEGUNDO ISO 7730
HE	HORA DE EXPOSIÇÃO
MLP	MEDIDAS DE LIMITAÇÃO DE POLUIÇÃO
NP ISSO	NORMA PORTUGUESA BASEADA NA ISSO

RMR

RUÍDO MÉDIO RESIDUAL

Introdução

Contexto e Relevância

A crescente preocupação com a qualidade dos ambientes onde vivemos e trabalhamos tem conduzido à necessidade de avaliações ambientais cada vez mais abrangentes e rigorosas. Em particular, os parâmetros acústicos, luminotécnicos e térmicos assumem uma importância fundamental na determinação do conforto, saúde e bem-estar das populações, tanto em contexto laboral como urbano.

O ruído ambiental representa atualmente um dos principais fatores de poluição em meio urbano, afetando milhões de pessoas em Portugal e na Europa. Segundo a Organização Mundial da Saúde, a exposição prolongada ao ruído pode causar diversos problemas de saúde, incluindo distúrbios do sono, stress cardiovascular e diminuição da capacidade cognitiva. Paralelamente, o ruído ocupacional constitui um dos riscos profissionais mais prevalentes, sendo a segunda maior causa ambiental de problemas de saúde no trabalho, apenas superada pela poluição atmosférica. (World Health Organization, (2018)

A iluminância desempenha um papel fundamental na determinação do conforto, saúde e bem-estar das populações em espaços laborais. A gestão adequada da iluminância contribui não apenas para o desempenho visual, mas também para o bem-estar geral, sendo considerada um parâmetro essencial por técnicos de segurança do trabalho.

O ambiente térmico compreende as variáveis do posto de trabalho que influenciam direta ou indiretamente o organismo do trabalhador (temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do ar e radiação térmica). As medições térmicas tornam possível quantificar a exposição dos trabalhadores a situações extremas, propondo medidas de correção e contribuindo para ambientes saudáveis, produtivos e energeticamente eficientes.

A Empresa A. Ramalhão

O presente relatório resulta do estágio realizado na empresa A. Ramalhão - Consultoria Gestão e Serviços, Lda, uma empresa portuguesa com 30 anos de experiência consolidada no mercado nacional. Fundada em 1996, a empresa tem desenvolvido uma sólida reputação em setores diversificados como indústria, transportes e serviços, destacando-se pela sua consultoria especializada em três pilares fundamentais da sustentabilidade empresarial: energia, ambiente e segurança no trabalho.

A A. Ramalhão possui um laboratório acreditado, de acordo com a NPEN ISO 17025 pelo IPAC, para ensaios de ambiente e segurança, o que lhe confere a capacidade técnica necessária para realizar avaliações rigorosas e fidedignas. Esta acreditação garante que todos os procedimentos seguem as normas nacionais e internacionais mais exigentes, assegurando a qualidade e credibilidade dos resultados obtidos.

Objetivos do Estágio

O estágio teve como objetivo principal proporcionar uma experiência prática na área das avaliações ambientais, permitindo a aplicação dos conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso de Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente. Especificamente, os objetivos definidos foram:

Objetivos Gerais:

- Compreender o funcionamento de um laboratório de ensaios ambientais e os seus procedimentos de ensaio
- Desenvolver competências práticas na utilização de equipamentos de medição especializados
- Aplicar os conhecimentos teóricos em situações reais de trabalho
- Integrar uma equipa multidisciplinar e compreender a dinâmica profissional

Objetivos Específicos:

- Ruído Ambiental: Realizar medições de ruído ambiente em conformidade com o Regulamento Geral do Ruído e as normas NP ISO 1996, aplicando os procedimentos para avaliação de impacto acústico em diferentes zonas (sensíveis, mistas e não classificadas)
- Ruído Ocupacional: Executar avaliações de exposição ocupacional ao ruído segundo o Decreto-Lei n.º 182/2006 e a norma NP EN ISO 9612, identificando postos de trabalho de risco e propondo medidas de controlo
- Iluminância: Efetuar medições de iluminação em locais de trabalho de acordo com a norma EN 12464-1, avaliando a adequação dos níveis luminosos às tarefas desenvolvidas
- Ambiente Térmico: Realizar avaliações de conforto térmico utilizando as normas ISO 7726 e 7730, determinando o índice PMV/PPD.

Estrutura do Relatório

Este relatório está organizado de forma a apresentar uma visão abrangente e sistemática das atividades desenvolvidas durante o estágio. A primeira parte dedica-se ao enquadramento teórico, abordando os conceitos fundamentais da acústica, luminotécnica e ambiente térmico, bem como o quadro legal e normativo aplicável em Portugal.

Seguidamente, é apresentada a metodologia utilizada nas diferentes avaliações, descrevendo em detalhe os procedimentos seguidos, os equipamentos utilizados e os critérios de avaliação aplicados. A secção de resultados apresenta e discute os dados obtidos durante as medições realizadas, comparando-os com os limites legais e recomendações técnicas.

Por fim, a conclusão sintetiza os principais aprendizados do estágio, reflete sobre a aplicação prática dos conhecimentos académicos e identifica as competências profissionais desenvolvidas.

Importância das Avaliações Ambientais

As avaliações ambientais multidisciplinares, como as desenvolvidas durante este estágio, são essenciais para:

- **Cumprimento Legal:** Assegurar o cumprimento da legislação portuguesa e europeia em matéria de ambiente e segurança no trabalho
- **Proteção da Saúde:** Prevenir riscos para a saúde pública e ocupacional através da identificação precoce de situações potencialmente perigosas
- **Melhoria da Qualidade de Vida:** Contribuir para a criação de ambientes mais saudáveis, confortáveis e produtivos
- **Sustentabilidade:** Promover práticas ambientalmente responsáveis no desenvolvimento urbano e industrial
- **Competitividade Empresarial:** Apoiar as organizações na implementação de medidas que melhorem as condições de trabalho e a eficiência operacional

Este relatório pretende, assim, demonstrar a importância de uma abordagem integrada às avaliações ambientais, evidenciando como a combinação de diferentes parâmetros ambientais permite uma compreensão mais completa e eficaz das condições de um ambiente, seja ele laboral ou urbano.

1. Som

O som é uma onda mecânica longitudinal que se propaga através de meios materiais resultante da vibração das suas moléculas. Esta forma de energia move-se através de sólidos, líquidos e gases, criando áreas de compressão e rarefação. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H., 2006)

O som possui algumas características principais que o distinguem e determinam a forma como é percebido e propagado. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

Uma das suas propriedades fundamentais é a **propagação**, que requer um meio material, como o ar, a água ou sólidos, para se deslocar. O som não se propaga no vácuo, pois necessita de partículas para transmitir as vibrações. Outra característica importante é a **velocidade de propagação**, que varia consoante o meio em que o som se desloca. No ar, por exemplo, a velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s, enquanto em outros meios, como a água ou os sólidos, pode ser significativamente maior. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

A **perceção do som** ocorre através do sistema auditivo humano. Este sistema capta as vibrações sonoras e converte-as em sinais elétricos que são interpretados pelo cérebro, permitindo-nos ouvir e compreender os sons ao nosso redor. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

Os seres humanos têm capacidade para detetar sons numa faixa de frequência específica, que varia entre os 20 Hz e os 20.000 Hz. Dentro deste espetro sonoro, existem dois tipos de frequências que estão fora da capacidade auditiva humana:

- **Infrassons:** São sons com frequências inferiores a 20 Hz. Estes não podem ser ouvidos pelos humanos, mas alguns animais conseguem percecioná-los. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))
- **Ultrassons:** São sons com frequências superiores a 20.000 Hz. Tal como os infrassons, os ultrassons também não são audíveis para os humanos, embora sejam utilizados em diversas aplicações tecnológicas e médicas. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

1.2 Escala Decibel

A escala decibel é utilizada para expressar a intensidade ou nível de um som. Esta escala foi desenvolvida para representar uma ampla gama de níveis sonoros, desde os impercetíveis até os extremamente altos. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

A escala decibel é definida usando uma fórmula logarítmica que considera a relação entre a pressão sonora de um som específico e um nível de referência padrão. Esta abordagem logarítmica permite que a escala represente uma grande faixa de intensidades sonoras de forma mais prática e manejável. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

Matematicamente, o nível de intensidade sonora em decibéis (dB) é dado pela equação:

$$dB=10 \log_{10}(I/I_0)$$

Onde I é a intensidade média em W/m^2 e I_0 é a intensidade de referência, geralmente $10^{-12} W/m^2$, que corresponde aproximadamente ao limiar de audibilidade a 1000 Hz. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

Uma característica importante da escala decibel é que um aumento de 3 dB corresponde a uma duplicação da intensidade sonora. Isso ilustra a natureza não linear da percepção humana do som, que é melhor representada por uma escala logarítmica. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

A escala decibel é amplamente utilizada em acústica, engenharia de áudio e audiologia, permitindo a comparação e medição precisa de uma vasta gama de intensidades sonoras. (Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006))

1.3 Pressão Sonora

A pressão sonora é o desvio local da pressão atmosférica ambiente causado por uma onda sonora. Ela é definida como uma variação rápida da pressão entre as partículas de um meio elástico, em um determinado ponto e instante de tempo. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-2:2022)

Quando uma onda sonora se propaga num meio, como ar, ela causa compressões e rarefações das partículas, resultando em flutuações de pressão. Essas variações de pressão são percebidas pelo ouvido humano como som. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-2:2022)

A pressão sonora é medida em pascals (Pa) e pode ser detetada por dispositivos como microfones (no ar) ou hidrofones (na água). É importante notar que a pressão sonora abrange uma ampla gama de valores, desde o limiar da audição humana até ao limiar da dor. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-2:2022)

Para facilitar a representação e o trabalho com essa ampla faixa de valores, frequentemente utiliza-se o nível de pressão sonora (SPL- Sound Pressure Level), expresso em decibéis (dB). Esta escala logarítmica permite uma representação mais prática e manejável das intensidades sonoras, refletindo melhor a percepção humana do som. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-2:2022)

$$\text{SPL} = 20 \log_{10}(p/p_0)$$

Onde p é a pressão sonora medida e p_0 é a pressão sonora de referência, geralmente 20 μPa , que corresponde ao limiar da audição humana. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-2:2022)

Em Portugal, assim como em outros países da União Europeia, a medição e o controlo da pressão sonora são importantes para:

- Avaliação de níveis de ruído em ambientes e industriais.
- Cumprimento de normas e regulamentos acústicos.
- Proteção da saúde auditiva da população.

1.4 Nível sonoro contínuo equivalente

O “L” sonoro contínuo equivalente, também conhecido como Leq, é uma métrica crucial em estudos de acústica e ruído. Ele representa o nível sonoro médio durante um período designado, refletindo a energia sonora e os possíveis danos auditivos devido à exposição cumulativa. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

Matematicamente, o Leq é definido como o nível de pressão sonora constante que, integrado no intervalo de tempo de análise considerado, apresenta a mesma energia sonora do que o sinal variante no tempo. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

1.5 Malhas de Ponderação

As malhas de ponderação são filtros que ajustam a medição do som para melhor representar a percepção auditiva humana. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

Existem diferentes tipos de malhas:

- **Malha A:** Imita a sensibilidade do ouvido humano às frequências médias.
- **Malha B:** Desenvolvida para níveis sonoros intermediários.
- **Malha C:** Usada para níveis sonoros mais altos, acima de 100 dB.
- **Malha Z:** Apresenta resposta totalmente plana, atribuindo pesos iguais para todas as frequências.

A malha de ponderação A é amplamente utilizada em medições de nível de pressão sonora devido a várias razões que justificam a sua escolha. Uma das principais razões é a **melhor correlação com a resposta humana**, pois a curva de ponderação A é a que melhor representa a sensibilidade do ouvido humano às diferentes frequências, simulando a forma como percebemos os sons. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

Além disso, a malha A apresenta uma **sensibilidade às frequências médias**, atribuindo maior peso a estas, que são as mais sensíveis ao ouvido humano, enquanto reduz o peso das frequências mais baixas e mais altas. Por isso, é particularmente útil em avaliações de ruído ambiental e ocupacional, onde o objetivo é medir o impacto do som na percepção e conforto humano. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

Outro fator importante é a **ampla adoção em normas**. Em Portugal, a malha A é utilizada na maioria das medições de nível de pressão sonora e está presente em diversas normas e regulamentações. Os resultados das medições expressos em dB(A) refletem esta ponderação, sendo comuns em laudos técnicos e estudos acústicos. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

2. Ruído Ambiental

O ruído ambiental é definido como um som indesejado que ocorre em diversos ambientes, resultante de atividades humanas que geram poluição sonora. Esse tipo de ruído é frequentemente produzido por fontes como transportes, indústrias, e atividades recreativas, e é considerado um dos principais problemas de poluição em áreas urbanas. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

O ruído ambiental caracteriza-se por ser uma fonte de poluição sonora com impacto significativo na qualidade de vida. É geralmente percebido como **indesejado e desagradável**, podendo interferir em atividades quotidianas como conversas, sono e concentração. A intensidade do ruído é medida em decibéis (dB), sendo que níveis superiores a 65 dB são considerados prejudiciais à saúde. A Organização Mundial da Saúde recomenda que o ruído noturno não ultrapasse os 30 dB para garantir um sono reparador. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

O ruído ambiental pode ser classificado em três categorias principais. O **ruído contínuo** refere-se a sons que ocorrem sem interrupções significativas, como o funcionamento de máquinas. O **ruído intermitente** apresenta variações de intensidade, sendo comum no tráfego urbano. Por fim, o **ruído de impacto** consiste em sons altos e breves, como aqueles produzidos por demolições ou construções. Estas características tornam o ruído ambiental um fator relevante a considerar em estudos de qualidade acústica e saúde pública. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

Efeitos do Ruído Ambiental

A exposição ao ruído ambiental pode causar diversos efeitos adversos na saúde humana, incluindo stress emocional, distúrbios de sono, e problemas auditivos. Além disso, pode impactar negativamente a fauna local, afetando padrões de reprodução e comportamento. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

2.1 Ruído Residual

O ruído residual é definido como o ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma situação determinada. Em outras palavras, é o som remanescente, que é medido em determinadas localizações adequadas quando são removidos os sons específicos em consideração. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

O ruído residual representa o nível de ruído de fundo presente num ambiente. É medido na ausência de ruídos específicos que estão a ser avaliados, permitindo uma análise mais precisa das condições acústicas do local. Este tipo de ruído serve como uma base de comparação essencial para avaliar o impacto de fontes sonoras específicas, sendo frequentemente utilizado em estudos ambientais e em medições acústicas para determinar a influência de novas fontes de ruído sobre o ambiente existente. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

O ruído residual tem efeitos importantes na perceção acústica de um ambiente. Este tipo de ruído influencia diretamente a forma como o ruído ambiente geral é percebido, podendo mascarar ou atenuar a perceção de outros ruídos particulares presentes no mesmo espaço. Além disso, o ruído residual é frequentemente utilizado como referência em estudos acústicos para avaliar o impacto de novas fontes sonoras num ambiente, permitindo determinar como essas fontes afetam a qualidade sonora e o conforto auditivo do local. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

O ruído residual é uma componente importante na avaliação acústica, pois permite isolar e analisar o impacto de fontes sonoras específicas num ambiente. A sua medição e análise são fundamentais para determinar a conformidade com os critérios legais de ruído e para avaliar o impacto de atividades ou instalações em áreas sensíveis. (Instituto Português da Qualidade. (2019). NP ISO 1996-1:2021)

2.2 Instrumentos de Gestão Territorial

Os principais instrumentos de Gestão Territorial referentes ao Ruído em Portugal estão estruturados em dois regimes legais complementares, com os seguintes componentes:

O Regulamento Geral do Ruído (RGR) estabelece um conjunto de instrumentos e medidas para a gestão e controlo da poluição sonora, garantindo a proteção da saúde e o bem-estar das populações. Entre os principais mecanismos destacam-se os Mapas Municipais de Ruído (MMR), os Planos Municipais de Redução de Ruído (PMRR) e o Regime de Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (RAGRA). (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Guia prático para medições de ruído ambiente.*)

Os **Mapas Municipais de Ruído (MMR)**, demonstrado na figura 1, caracterizam acusticamente o território municipal, identificando as principais fontes de ruído, como rodovias, ferrovias e zonas industriais. Estes mapas servem como base para a elaboração da carta de classificação de zonas, que delimita áreas sensíveis, como habitações e escolas, e áreas mistas. (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Guia prático para medições de ruído ambiente.*)

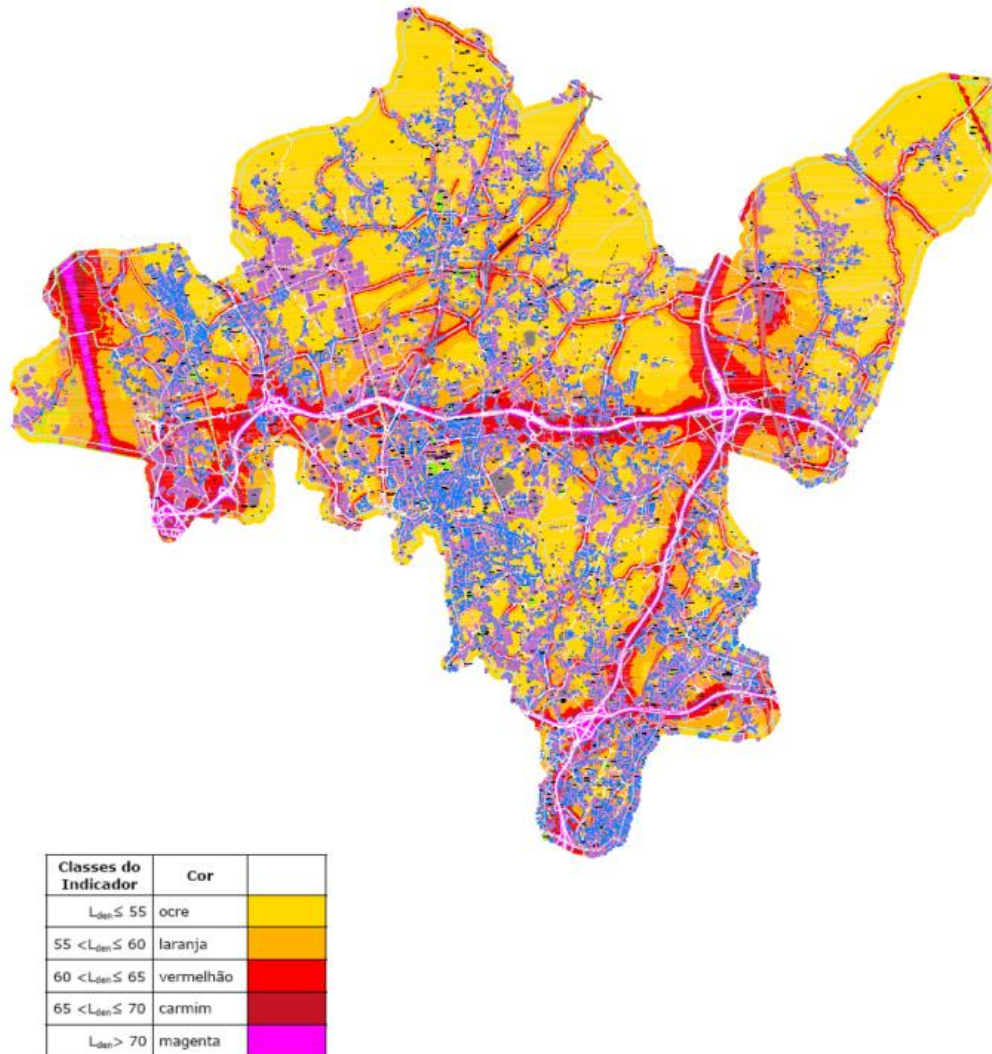


Figura 1- Mapa Municipal de ruído da Maia.

Já os **Planos Municipais de Redução de Ruído (PMRR)** implementam medidas destinadas a cumprir os limites legais de ruído, como o isolamento acústico em zonas sensíveis. Estes planos incluem a apresentação bienal de relatórios sobre o ambiente acústico municipal. (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Guia prático para medições de ruído ambiente.*)

No âmbito do **Regime de Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (RAGRA)**, são **elaborados os Mapas Estratégicos de Ruído (MER)**, que avaliam o ruído em grandes infraestruturas de transporte (como aeroportos com mais de 50 mil movimentos anuais) e em aglomerações com mais de 100 mil habitantes. Estes mapas utilizam indicadores como o L_{den} (para incômodo diurno) e o L_n (para impacto noturno). Com base nos

MER, são desenvolvidos os Planos de Ação (PA), que definem medidas prioritárias para reduzir a exposição ao ruído, como a instalação de barreiras acústicas em rodovias. Estes planos também estimam a redução da população exposta ao ruído e incluem ações para preservar zonas tranquilas. (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Guia prático para medições de ruído ambiente.*)

Adicionalmente, o RGR prevê mecanismos complementares para assegurar a eficácia das medidas. A **fiscalização** é essencial para controlar infrações ao regulamento, enquanto a **participação pública** é garantida através da consulta obrigatória dos planos de ação e da divulgação dos mapas estratégicos. Por fim, há uma forte **integração europeia**, com relatórios regulares enviados à Comissão Europeias sobre os mapas e planos desenvolvidos. (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Guia prático para medições de ruído ambiente.*)

Este conjunto articulado de instrumentos permite uma abordagem abrangente à gestão do ruído ambiente, promovendo um equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e industrial e a qualidade de vida das populações.

2.3 Ruído Ocupacional

O ruído ocupacional é definido como os sons indesejados e potencialmente prejudiciais presentes no ambiente de trabalho. É um importante fator de risco para a saúde e segurança dos trabalhadores, sendo regulamentado por legislação específica. (Ferreira, A., & Freitas, E. (2010))

O ruído ocupacional é uma forma de poluição sonora presente em diversos ambientes de trabalho, especialmente nos setores da indústria, construção, energia e água, onde mais de um quarto da população laboral está exposta a níveis elevados de pressão sonora. Este tipo de ruído é medido em decibéis (dB), sendo que 60 dB é considerado um nível seguro para a audição. Contudo, exposições prolongadas a níveis superiores podem causar impactos significativos na saúde dos trabalhadores. (Ferreira, A., & Freitas, E. (2010))

As entidades empregadoras em Portugal têm várias obrigações relacionadas ao ruído ocupacional. Devem avaliar os riscos associados à exposição ao ruído, implementar medidas técnicas e organizacionais para reduzir essa exposição, fornecer equipamentos de proteção individual adequados e garantir a formação e informação dos trabalhadores sobre os riscos associados ao ruído. Além disso, é necessário assegurar vigilância médica apropriada dos trabalhadores expostos. (Nunes, F. M. D. O., & Sá, E. S. (2014)).

A exposição prolongada ao ruído ocupacional pode resultar em diversos problemas de saúde, como perda auditiva temporária ou permanente, aumento do risco de acidentes de trabalho devido à dificuldade de audição, stress e irritação. Outros efeitos incluem problemas cardiovasculares e distúrbios do sono. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, o ruído ocupacional é considerado a segunda maior causa ambiental de problemas de saúde, ficando atrás apenas da poluição atmosférica. (Agência europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. (2005))

Para prevenir os efeitos do ruído ocupacional, as empresas devem adotar uma hierarquia de controlo que priorize medidas técnicas, como isolamento acústico e manutenção de equipamentos, medidas organizacionais, como rotatividade de turnos para limitar o tempo de exposição, e o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), como protetores auditivos com atenuação certificada. Essas ações são fundamentais para proteger a saúde dos trabalhadores e garantir um ambiente laboral mais seguro e saudável. (Agência europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. (2005))

3. Iluminância

A iluminância é uma grandeza essencial para garantir a segurança e o conforto visual em diversos ambientes. É definida como o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície por unidade de área, sendo medida em lux (lx), que equivale a lúmens por metro quadrado (lm/m^2). Na prática, a iluminância representa a quantidade de luz disponível num espaço, embora não seja distribuída uniformemente em todos os pontos da área. Para medir a iluminância, utiliza-se um aparelho luxímetro, que permite avaliar com precisão os níveis de iluminação em diferentes contextos. (Autoridade para as Condições do Trabalho. Iluminação nos locais de trabalho)

A iluminância pode ser avaliada de acordo com normas, tais como a EN 1246-1 para espaços interiores e a EN 1246-2 para espaços exteriores, que são as adotadas por entidades acreditadas. Estas normas estabelecem os níveis recomendados de iluminância para diferentes atividades e tarefas, garantindo condições ótimas de visibilidade e conforto. A adequação da iluminância é crucial para a segurança e saúde ocupacional, sendo frequentemente avaliada por técnicos de Higiene e Segurança no Trabalho como parte das condições laborais. (Comité Europeu de Normalização. (2011). EN 12464-1:2011) (Comité Europeu de Normalização. (2014). EN 12464-2:2014)

Uma iluminação adequada contribui não apenas para o desempenho visual, mas também para prevenir acidentes e melhorar o bem-estar dos utilizadores de um espaço. Por isso, a gestão da iluminância é uma componente fundamental na criação de ambientes seguros e confortáveis.

4. Ambiente Térmico

O Ambiente Térmico é definido como o conjunto das variáveis térmicas do posto de trabalho que influenciam o organismo do trabalhador, sendo um fator crucial que intervém direta ou indiretamente na saúde, bem-estar e desempenho dos trabalhadores. (Estrela, T. F. C. (n.d.). Avaliação de Ambientes Térmicos Quentes)

O ambiente térmico em Portugal é composto por diversos fatores que influenciam o conforto e a eficiência energética, como a temperatura do ar, a humidade relativa, a velocidade do ar e a radiação térmica. (Estrela, T. F. C. (n.d.). Avaliação de Ambientes Térmicos Quentes)

Os parâmetros recomendados para o ambiente térmico incluem três aspetos principais interligados. A temperatura deve oscilar entre 18°C e 22°C, podendo atingir os 25°C em determinadas condições climatéricas. Este intervalo está diretamente relacionado com a humidade, que deve variar entre 50% e 70%, sendo a interação entre temperatura e humidade crucial para o conforto térmico. Além disso, é necessário assegurar uma renovação adequada do ar, com um caudal médio de ar fresco de pelo menos 30 m³ por hora e por trabalhador, podendo ser aumentado até 50 m³ quando necessário. Esta renovação é essencial para manter a qualidade do ambiente interno, influenciando tanto a temperatura como a humidade. (Estrela, T. F. C. (n.d.). Avaliação de Ambientes Térmicos Quentes)

A avaliação do ambiente térmico deve ser realizada com base em normas ISO e utilizando equipamentos específicos que medem os diversos parâmetros envolvidos. Os objetivos dessa avaliação incluem identificar situações de conforto ou desconforto térmico, quantificar a exposição dos trabalhadores a ambientes térmicos e propor medidas de prevenção e correção. (Silva, A. R. (n.d.). Avaliação do Ambiente Térmico nas instalações da empresa)

Um ambiente térmico adequado é essencial para garantir o conforto, a produtividade e a saúde dos trabalhadores. Em Portugal, as entidades empregadoras têm a obrigação legal de assegurar condições térmicas apropriadas nos locais de trabalho, contribuindo para um ambiente saudável e seguro.

Metodologia

1. Ruído Ambiental

Com base no guia prático para medições do ruído ambiente da APA, no contexto do Regulamento Geral do Ruído (RGR) e tendo em conta a NP ISSO 1996, os procedimentos de medição de ruído ambiental, seguem diretrizes específicas.

Períodos de referência:

- **Diurno-** (07h00-20h00).
- **Entardecer-** (20h00-23h00).
- **Noturno-** (23h00-07h00).

Intervalo de tempo de longa duração:

- Um ano para os indicadores Lden e Ln.
- Um mês para o indicador LAeq,T, por período de referência, na avaliação do ruído ambiente e do ruído residual. (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020, Julho))

Nível de avaliação:

LAr ou LReq,T- nível de avaliação corrigido de acordo com as características tonais ou impulsivas do ruído particular:

- **Lar = LAeq,T + K1 + K2**
- **K1 = 3 dB**, se o ruído for tonal (nível sonoro de uma banda de um terço de oitava excede o das adjacentes em 5 dB ou mais). As bandas de frequências centrais entre 50 Hz a 10000 Hz devem ser consideradas.
- **K2 = 3 dB**, se o ruído for impulsivo (diferença entre o nível sonoro contínuo equivalente medido no intervalo de tempo t, LAeq,t em simultâneo com característica impulsiva e fast, superior a 6 dB). (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020, Julho))

Indicadores de ruído:

- **Lden:** Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, representativo de um ano.
- **Ln:** Indicador de ruído noturno, representativo de um ano.

- **LAeq,T(mensal):** Nível sonoro contínuo equivalente, representativo de um mês (o mês mais crítico do ano em termos de emissão sonora, no caso de a(s) fonte(s) de ruído em avaliação apresentar marcada sazonalidade).
- **LAeq,T(diário):** Nível sonoro contínuo equivalente, determinado durante um período diurno, entardecer ou noturno.
- **Lar ou LReq,T:** Nível de avaliação corrigido para características tonais ou impulsivas. (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020, Julho))

Designações de som:

- **Som total-** ruído ambiente.
- **Som específico-** ruído particular.
- **Som residual-** ruído residual.

Limites:

- **Zonas sensíveis-** áreas definidas nos planos municipais de ordenamento do território como vocacionadas para uso habitacional, escolas, hospitais ou similares. **Lden-55 dB, Ln-45 dB.**
- **Zonas mistas-** áreas com outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível. **Lden-65 dB, Ln-55 dB.**
- **As zonas não classificadas-** são áreas que ainda não foram designadas como zonas sensíveis ou mistas nos planos de ordenamento do território. **Lden-63 dB, Ln-53 dB.** (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020, Julho))

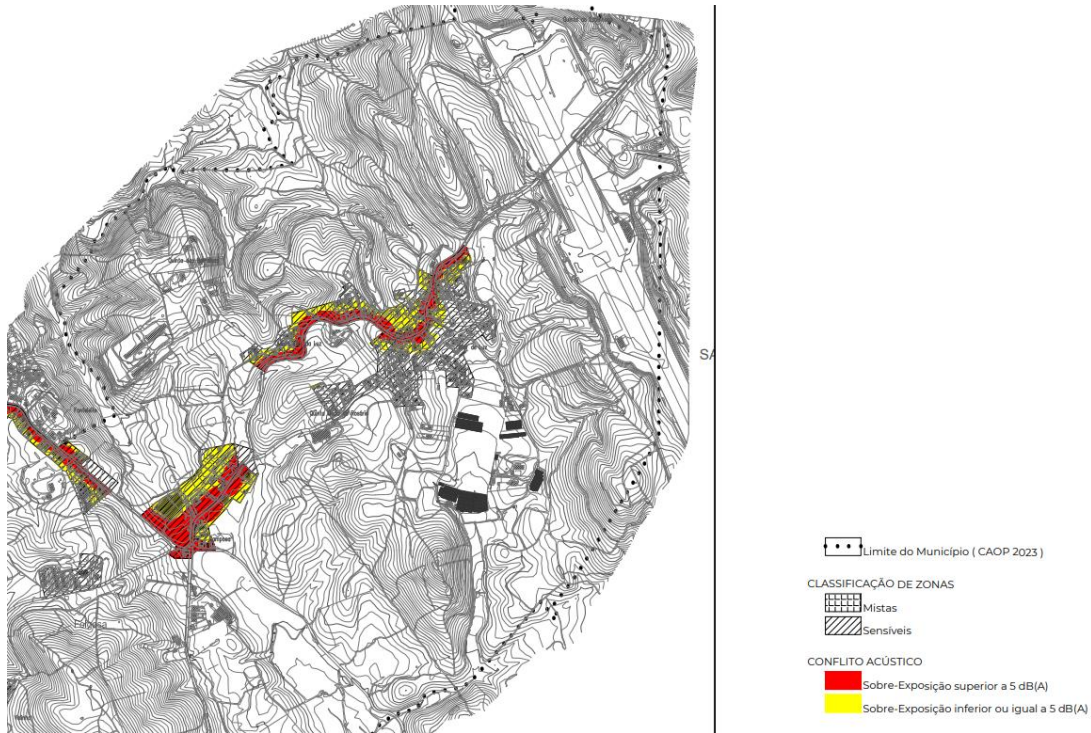


Figura 2- Exemplo de classificação do zonamento acústico.

Pontos de medição:

- Os pontos de medição no exterior devem estar afastados, pelo menos, 3.5 metros de qualquer estrutura refletora (exceto o solo).
- **Localização:** Junto da fachada do edifício de uso sensível mais exposta ao ruído. (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020, Julho))

A altura do microfone deve ser:

- 3.8 a 4.2 metros acima do solo, para mapas de ruído municipais.
- 1.2 a 1.5 metros acima do solo ou do nível de cada piso de interesse, nos restantes casos. (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020, Julho))

Equipamento:

- Sonómetro de classe de exatidão 1, homologado pelo Instituto Português da Qualidade, com certificado de verificação válido(figura 3).
- Verificação do sonómetro com calibrador acústico portátil de classe 1 antes e depois das medições (desvio máximo de 0.5 dB) (Agência Portuguesa do Ambiente. (2020, Julho))



Figura 3- Sonómetro de classe exatidão 1.

Critério de incomodidade:

- Avalia a diferença entre o ruído ambiente com a fonte sonora em funcionamento e o ruído residual (ruído de fundo).
- **Ld**- 5 dB.
- **Lde**- 4 dB.
- **Ldn**- 3 dB.

Fórmulas usadas:

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right]$$

2. Ruído Ocupacional

A metodologia baseia-se na legislação portuguesa (Decreto-lei n.º 182/2006) e a norma NP EN ISO 9612.

Avaliação de Riscos e Planeamento:

- **Identificação das Fontes de Ruído:** Identificou-se as atividades e equipamentos que geram níveis de ruído significativos no local de trabalho. (Decreto-lei n.º 182/2006)
- **Compreensão dos Padrões de Trabalho:** Analisou-se os processos de trabalho para determinar como os trabalhadores são expostos ao ruído, considerando a duração e a variabilidade da exposição. (Decreto-lei n.º 182/2006)
- **Identificação dos Trabalhadores em Risco:** Determinou-se quais os colaboradores que estão provavelmente expostos a níveis de ruído elevados. (Decreto-lei n.º 182/2006)
- **Avaliação Preliminar (Opcional):** Realizou-se uma avaliação preliminar para estimar os níveis de ruído e determinar se medições detalhadas são necessárias. Isto pode envolver a utilização de sonómetros ou a consulta das declarações de ruído dos equipamentos. Mesmo sem medições precisas, podem ser adotadas medidas de controlo simples de imediato. (Decreto-lei n.º 182/2006)

Estratégia de Medição (NP EN ISO 9612)

Selecionou-se uma estratégia de medição de acordo com a NP EN ISO 9612. A norma especifica três estratégias diferentes:

Medição Baseada na Tarefa:

- Medir os níveis de ruído durante tarefas específicas realizadas pelos trabalhadores.
- Adequado quando a exposição ao ruído varia significativamente dependendo da tarefa. (NP EN ISO 9612)

Medição Baseada no Posto de Trabalho (ou Atividade):

- Medir os níveis de ruído em postos de trabalho fixos ou locais onde os trabalhadores passam o seu tempo.

- Adequado para trabalhadores que permanecem principalmente num local. (NP EN ISO 9612)

Medição Baseada no Dia de Trabalho Completo:

- Medir a exposição ao ruído de um trabalhador ao longo de todo o seu dia de trabalho, utilizando um dosímetro pessoal.
- Fornece a avaliação mais abrangente da exposição geral ao ruído. (NP EN ISO 9612)

Equipamento

Sonómetro/Dosímetro:

- Utilizou-se um sonómetro de classe 1 ou dosímetro de ruído que cumpra os requisitos da classe de precisão 2 (ou preferencialmente classe 1 para maior precisão) de acordo com as normas internacionais. (Figura 3)
- O equipamento deve ter ponderações de frequência A e C e a capacidade de medir ruído impulsivo. (NP EN ISO 9612)

Calibração:

- Calibrou-se o sonómetro/doseador antes e depois de cada sessão de medição. (NP EN ISO 9612)

Procedimento de Medição

Posicionamento do Microfone:

- **Sem a presença do trabalhador:** Posicionar o microfone no local típico do ouvido do trabalhador (ouvido mais exposto) durante a tarefa, sem a presença do trabalhador.
- **Com a presença do trabalhador:** Posicionar o microfone a 0.10 metros a 0.30 metros à frente da orelha mais exposta do trabalhador.
- **Dosímetro:** Ao utilizar um doseador, fixar o microfone na roupa do trabalhador (ombro, colarinho ou capacete), respeitando a distância ao ouvido mencionada acima. (NP EN ISO 9612)

Duração da Medição:

- Certificamo-nos de que a duração da medição é suficientemente longa para representar o nível de pressão sonora contínuo equivalente médio da tarefa em questão.
- Se a tarefa durar menos de 5 minutos, medimos durante toda a duração da tarefa.
- Para tarefas com maior duração, medimos durante pelo menos 5 minutos.
- A duração da medição pode, no entanto, ser reduzida, caso o nível de pressão sonora seja constante ou apresente um carácter repetitivo. (NP EN ISSO 9612)

Número de Medições:

- Efetuamos pelo menos três medições para cada tarefa ou local.
- Caso os resultados das três medições de uma tarefa tenham, entre si, uma diferença de 3 ou mais dB, realizar três, ou mais, medições adicionais da tarefa. (NP EN ISO 9612)

Registo de Observações:

- Documentamos qualquer informação relevante sobre o processo de trabalho, as fontes de ruído e as condições de medição. (NP EN ISO 9612)
- Registo de utilização de substâncias ototóxicas.

Análise de Dados e Cálculo

- **Calcular a Exposição Diária ao Ruído (L índice EX,8h):** Calculamos o nível de exposição diária ao ruído, tendo em conta a duração e a intensidade da exposição ao ruído durante tarefas ou atividades. A fórmula é $L_{EX,8h} = L_{Aeq, T_e} + 10 \lg(T_e/T_0)$
- **Ter em Conta a Proteção Auditiva:** Se os trabalhadores utilizarem proteção auditiva, calculamos a exposição diária efetiva (L índice EX, 8h, efect) subtraindo a atenuação fornecida pelos protetores. Notar que a proteção auditiva é considerada ao avaliar a conformidade com os valores limite de exposição, mas não ao avaliar a conformidade com os valores ação.
- **Nível de Pressão Sonora de Pico (L índice Cpico):** Medimos o nível de pressão sonora de pico para avaliar o risco de ruído impulsivo. A fórmula é $L_{Cpico} = 10 \lg(p_{cpico}/p_0)^2$. (NP EN ISSO 9612)

Comparação com os Limites Legais e Valores de Ação (Decreto-Lei n.º 182/2006):

Comparamos os níveis de exposição ao ruído medidos com os valores limite de exposição e os valores de ação especificados no Decreto-lei n.º 182/2006.

Valores Limite de Exposição:

- **L(índice EX,8h)= 87 dB (A) e L(índice Cpico)= 140 dB (C) equivalente a 200 Pa. Valor limite de exposição.** Só se considera quando temos em conta o uso de protetores auditivos.
- **L(índice EX,8h)= 85 dB (A) e L(índice Cpico)= 137 dB (C) equivalente a 140 Pa. Valor de ação superior.** É o nível a partir do qual a implementação de medidas de proteção e controlo deve ser obrigatória para minimizar os riscos à saúde auditiva dos trabalhadores.
- **L(índice EX,8h)= 80 dB (A) e L(índice Cpico)= 135 dB (C) equivalente a 112 Pa. Valor de ação inferior.** Indica um nível inicial de alerta, a partir do qual é necessário começar a monitorizar e avaliar a exposição ao ruído, promovendo ações preventivas, mas sem exigir medidas tão rigorosas quanto o valor superior. (Decreto-Lei n.º 182/2006)

Considerações Importantes:

- **Incerteza da Medição:** Tivemos em conta a incerteza da medição do equipamento e o uso de protetor auditivo.
- **Competência:** Asseguramo-nos de que as medições, e tudo que envolve o ensaio, são realizadas por pessoal qualificado.
- **Substâncias Ototóxicas:** Estávamos cientes da potencial interação entre o ruído e as substâncias ototóxicas no local de trabalho. (Decreto-Lei n.º 182/2006)

3. Iluminância

A metodologia é baseada na norma europeia EN 12464-1:2021, que especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho interiores.

Planeamento da Medição

Identificar as Áreas de Trabalho/Atividade: Determinamos quais as áreas onde a iluminação necessita de ser medida. Isto inclui:

- **Área da Tarefa/Atividade:** A área onde a tarefa visual é realizada.
- **Área da vizinhança:** A área adjacente à área da tarefa.
- **Área de Fundo:** A área que circunda a área do envolvimento imediato. (EN 12464-1:2021)

Definir Pontos de Medição: Determinamos os pontos específicos onde a iluminância será medida dentro de cada área. Com a ajuda de uma grelha de medição. (EN 12464-1:2021)

Considerar o Tipo de Tarefa: Diferentes tarefas requerem diferentes níveis de iluminância. (EN 12464-1:2021)

Equipamento

Luxímetro: Utilizamos um luxímetro (Figura 4) calibrado e certificado, de seguida, apresenta-se a imagem ilustrativa. O luxímetro deve ter uma precisão adequada para as medições que serão realizadas. (EN 12464-1:2021)

Certificado de Calibração: Verificamos se o luxímetro tem um certificado de calibração válido. (EN 12464-1:2021)

Tripé (Opcional): Um tripé pode ser útil para garantir que o luxímetro é mantido na posição correta durante a medição. (EN 12464-1:2021)



Figura 4- Luxímetro.

Procedimento de Medição

Preparação:

- Certificamo-nos de que o luxímetro está devidamente calibrado.
- Lemos as instruções do fabricante do luxímetro.
- Aguardamos que o luxímetro se estabilize antes de iniciar as medições. (EN 12464-1:2021)

Posicionamento do Sensor:

- Colocamos o sensor do luxímetro no ponto de medição desejado.
- Certificamo-nos de que o sensor está nivelado, estabilizado e orientado corretamente para receber a luz.
- Evitamos fazer sombra sobre o sensor durante a medição. (EN 12464-1:2021)

Medição:

- Lemos o valor da iluminância no visor do luxímetro.
- Registamos o valor. (EN 12464-1:2021)

Grelha de Iluminância:

- O espaçamento dos pontos da grelha deve ser adaptado à área e à precisão necessária.
- Em áreas críticas, utilizamos uma grelha mais densa (menos espaçamento entre os pontos). (EN 12464-1:2021)

Registo de Dados

- **Registar os Valores:** Registamos os valores de iluminância medidos em cada ponto de medição.
- **Registar as Condições:** Registamos as condições ambientais durante a medição, como a hora do dia, as condições climatéricas (se a luz natural for relevante), e quaisquer fatores que possam afetar a iluminação.
- **Documentar o Equipamento:** Registamos o modelo e número de série do luxímetro, bem como a data da sua última calibração. (EN 12464-1:2021)

Análise dos Resultados

- **Comparar com os Requisitos:** Comparamos os valores de iluminância medidos com os valores recomendados da norma (por exemplo num escritório onde a iluminância mantida pode ser de 500 lux) para o tipo de tarefa em questão e vizinhança(EN 12464-1:2021)
- **Avaliar a Uniformidade:** Calculamos a uniformidade da iluminância (relação entre a iluminância mínima e a iluminância média) na área de trabalho e vizinhança. (EN 12464-1:2021)
- **Identificar Não Conformidades:** Identificamos quaisquer áreas onde a iluminância não cumpra os requisitos da norma. (EN 12464-1:2021)

Fórmulas usadas:

Iluminância (E):

Valor obtido diretamente pelo luxímetro.

Uniformidade geral (U_0):

$$U_0 = E_{min} / E_{med}$$

E_{min} = iluminância mínima;

E_{medio} = iluminância média mantida. (EN 12464-1:2021)

De igual modo, a uniformidade geral da iluminação (U_0) é determinada pela relação entre a iluminância mínima (E_{min}) e a iluminância média mantida (E_{med}), permitindo avaliar a consistência da distribuição da luz no espaço. (EN 12464-1:2021)

4. Ambiente Térmico

A avaliação do ambiente térmico é essencial para garantir a segurança e o conforto térmico dos indivíduos expostos a diferentes condições ambientais. Esta metodologia baseia-se em normas internacionais, incluindo as ISO 7726, 7243, que fornecem diretrizes sobre os parâmetros físicos a medir, os instrumentos necessários e os métodos de cálculo para a avaliação do stress térmico.

Parâmetros a Serem Medidos

De acordo com a ISO 7726:1998, a avaliação térmica deve incluir a medição dos seguintes parâmetros físicos:

- **Temperatura do ar (T_a):** Mede a temperatura do ambiente onde os indivíduos estão expostos.
- **Temperatura radiante média (T_r):** Mede o calor irradiado por superfícies ao redor.
- **Velocidade do ar (V_a):** Mede a movimentação do ar que pode afetar a dissipação do calor corporal.
- **Humidade relativa ou pressão de vapor (P_a):** Mede a quantidade de humidade presente no ambiente. (ISO 7726:1998)

A combinação desses parâmetros fornece um panorama completo do ambiente térmico.

Equipamentos e Instrumentação

Para realizar as medições de acordo com a ISO 7726, os seguintes instrumentos devem ser utilizados:

- **Termômetros de bolbo seco e Húmido** (Figura 5) para medir a temperatura do ar.
- **Termómetro de globo negro** (Figura 5) para medir a temperatura radiante média.
- **Anemómetro** (Figura 6) para medir a velocidade do ar.
- **Higrómetro ou psicrómetro** (Figura 7) para medir a humidade relativa. (ISO 7726)

Todos os instrumentos devem ser calibrados de acordo com as especificações normativas antes do uso. (imagens dos equipamentos nas páginas seguintes)



Figura 5- Termómetro de bolbo seco, húmido e de globo negro.



Figura 6- anemómetro de fio quente



Figura 7- Higrómetro ou psicrómetro.

Índices para Avaliação do Conforto e Stress Térmico

A medição dos parâmetros físicos permite o cálculo de diversos índices, como:

Índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)- ISO 7243:

- $WBGT = 0.7T_{nwb} + 0.3T_g$ (ambientes internos).
- $WBGT = 0.7T_{nwb} + 0.2T_g + 0.1T_a$ (ambientes externos)

Onde:

- T_{Nwb} = temperatura de bulbo húmido natural.
- T_g = temperatura do globo negro.
- T_a = temperatura do ar.

Este índice é utilizado para determinar o risco de stress térmico pelo calor.

Índice PMV/PPD (ISO 7730)

- PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) são usados para prever a sensação térmica dos ocupantes com base em temperatura, humidade, vestuário e metabolismo.

Procedimento de Medição

Seleção do local- Escolhemos pontos representativos do ambiente de trabalho para realizar as medições.

Posicionamento dos sensores- Instalamos os equipamentos à altura do corpo dos indivíduos expostos.(zona abdominal)

Registo de dados- Medimos e registamos os valores de temperatura, humidade, velocidade do ar e radiação térmica em intervalos regulares.

Cálculo do índice térmico- Aplicamos as fórmulas correspondentes para determinar o índice PMV/PPD.

Interpretação dos resultados- Comparamos os valores obtidos com os limites recomendados pelas normas e avaliar o risco térmico.

Resultados e Discussão

1. Ruído Ambiental

Para a execução do ensaio procedeu-se a deslocações à empresa em diferentes períodos horários, e em 2 pontos escolhidos de acordo com os critérios mencionados acima, com o objetivo de efetuar medições em condições distintas: durante o período diurno (com a unidade em funcionamento e em regime de paragem), no período de entardecer nas mesmas condições do diurno e, por último, no período noturno.

A empresa em estudo encontra-se implantada numa zona classificada como mista, conforme verificado no plano diretor municipal. Esta classificação determina a aplicação de limites de exposição de **65 dB(A)** para o indicador **Lden** e **55 dB(A)** para o indicador **Ln**.

A empresa desenvolve atividade industrial com funcionamento durante 24 horas por dia, de segunda a sexta-feira, o que caracteriza uma fonte de ruído permanente com atividade ruidosa permanente.

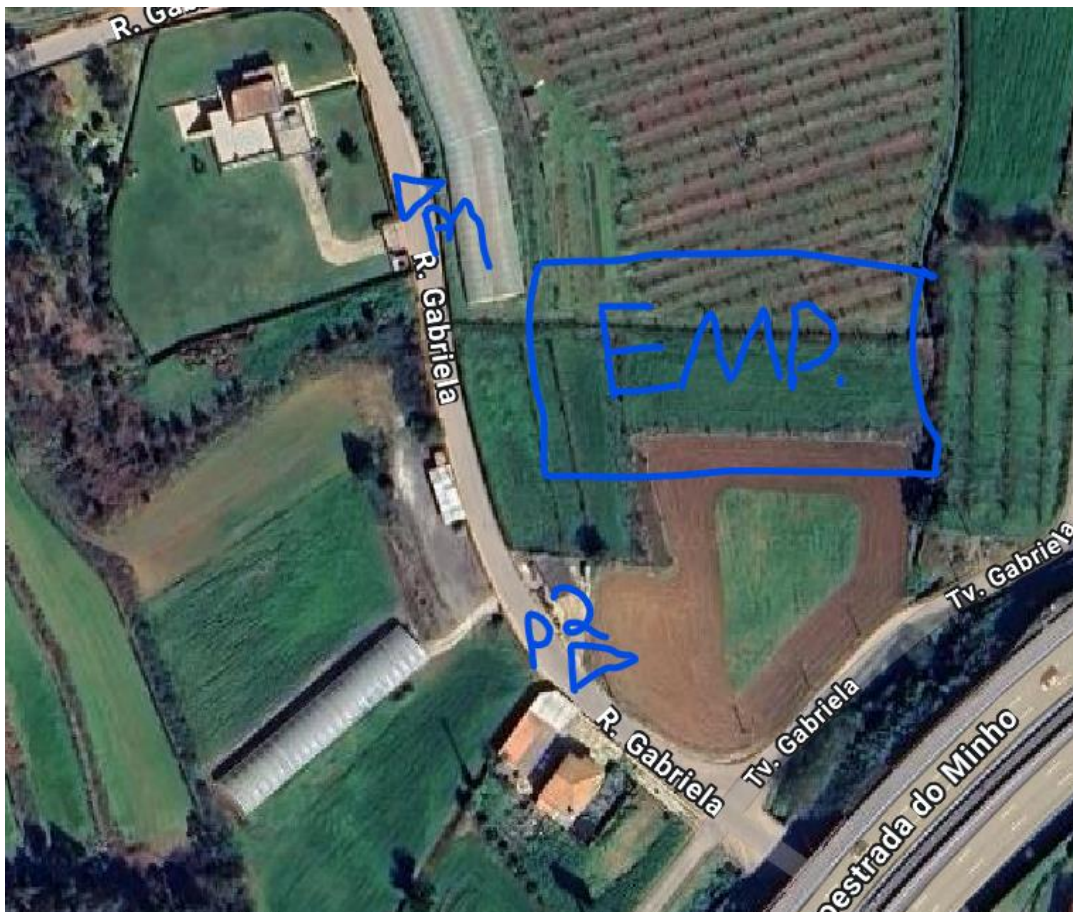


Figura 8- Imagem fictícia da localização da empresa e pontos de medição.

O posicionamento dos pontos de medição foi realizado junto às fachadas dos edifícios de uso sensível que se encontram mais expostas ao ruído emitido pela fonte em avaliação, assegurando assim a representatividade dos resultados no local de maior impacto sonoro. A altura dos microfones foi definida aos 4 metros acima do solo, por ser considerada a faixa que melhor representa a exposição real dos recetores humanos ao ruído, no espaço constituído dois pisos intercomunicantes, em especial na perspetiva das condições efetivas de conforto e incomodidade auditiva.

De acordo com a metodologia previamente descrita, apresentam-se nas páginas seguintes os dados obtidos e os respetivos resultados das medições efetuadas.

Aqui vemos a tabela 1 com os dados de medição do ponto 1.

Período de Referência	Amostra	Duração da medição (min)	$L_{Aeq, T amostra}$ (dB(A))	$L_{AIm, T amostra}$ (dB(A))
Diurno	1 - RA	00:15	49,9	52,3
	2 - RA	00:15	49,6	51,1
	3 - RA	00:15	49,3	50,8
	4 - RA	00:15	49,0	51,5
	5 - RA	00:15	47,8	50,2
	6 - RA	00:15	46,9	48,7
	1 - RR	00:15	37,8	41,0
	2 - RR	00:15	39,1	42,7
	3 - RR	00:15	42,2	45,6
	4 - RR	00:15	41,8	45,9
	5 - RR	00:15	41,4	45,6
	6 - RR	00:15	40,1	46,5
Entardecer	1 - RA	00:15	49,8	50,8
	2 - RA	00:15	50,1	51,0
	3 - RA	00:15	50,9	52,0
	4 - RA	00:15	48,6	49,5
	5 - RA	00:15	49,9	50,6
	6 - RA	00:15	49,2	50,4
	1 - RR	00:15	45,8	47,1
	2 - RR	00:15	45,4	46,3
	3 - RR	00:15	44,1	45,9
	4 - RR	00:15	40,5	43,6
	5 - RR	00:15	42,2	45,8
	6 - RR	00:15	41,5	45,0
Noturno	1 - RA	00:15	49,8	51,5
	2 - RA	00:15	48,9	51,8
	3 - RA	00:15	47,9	49,9
	4 - RA	00:15	51,5	52,3
	5 - RA	00:15	52,3	53,2
	6 - RA	00:15	52,0	53,0
	1 - RR	00:15	40,3	41,7
	2 - RR	00:15	40,9	41,8
	3 - RR	00:15	41,6	47,2
	4 - RR	00:15	42,7	44,0
	5 - RR	00:15	40,7	41,8
	6 - RR	00:15	40,8	42,0

Tabela 1- Dados do ruído ambiental e ruído residual, ponto 1.

O LAr é igual neste ponto ao LAeq pois não se verifica tonalidade ou impulsividade no Ruído Ambiental, há sim tonalidade no ruído residual, mas não se conseguiu averiguar a origem do mesmo e não é aplicável a correção de tonalidade e impulsividade referente ao Ruído Residual, uma vez que não é calculado o Nível de Avaliação.

Critério de Incomodidade		VL	Cumprimento
Diurno	8	5	Não Cumpre
Entardecer	6	4	Não Cumpre
Noturno	9	3	Não Cumpre

Tabela 2- Resultados do critério de incomodidade.

Os resultados apurados no primeiro ponto de medição evidenciam uma situação de incumprimento relativamente ao critério de incomodidade. Durante o período diurno, foi registada uma diferença de **8 dB(A)** entre o ruído ambiente e o ruído residual, ultrapassando o limite permitido de **5 dB(A)**. No período do entardecer, a diferença observada foi de **6 dB(A)**, também superior ao limite estabelecido de **4 dB(A)**. Já no período noturno, verificou-se uma diferença de **9 dB(A)**, o que excede o limite legal fixado em **3 dB(A)** para este período.

Nesta tabela conseguimos ver o número de dias de funcionamento da empresa.

Número de dias em funcionamento	261
Número de dias parada	104
Número de dias anual	365

Tabela 3- Dias de funcionamento da empresa.

O Anexo I do Decreto-Lei 9/2007 estabelece percentis de correção do valor limite em função da duração relativa da atividade ruidosa. Para aplicação deste critério, considera-se:

- **Duração percentual da atividade:** Relação entre o tempo de funcionamento da fonte e a duração total do período de referência
- **Fator de correção D:** Valor em dB(A) a adicionar ao limite base do critério de incomodidade

Duração (% do período)	Correção D [dB(A)]	Aplicação
0% - 12,5%	+7	Atividade muito esporádica
12,5% - 25%	+5	Atividade esporádica
25% - 50%	+2	Atividade intermitente
50% - 75%	+1	Atividade frequente
75% - 100%	0	Atividade permanente

Tabela 4- Percentis de correção do valor limite em função da duração relativa da atividade ruidosa.

No caso em análise, considerando que a empresa funciona durante todo o período de referência (atividade permanente), aplica-se a correção **D = 0 dB(A)**, mantendo-se os limites base do critério de incomodidade.

Esta tabela apresenta os dados do ruído ambiental e residual por período de dia, diurno, entardecer e noturno respetivamente.

Nível sonoro de longa duração	LAeq
Ld - Semana, segunda a sexta	48,9
Ld - Fim de semana	40,7
Le - Semana	49,8
Le - Fim de semana	43,7
Ln - Semana	50,7
Ln - Fim de semana	41,2

Tabela 5- Resultados LAeq do Ruído Ambiental e Residual.

Aqui vemos as médias de cada período do dia, mas adaptadas para um ano de funcionamento da empresa.

Critério médios de longa duração	
Ld	48
Le	49
Ln	49
Lden	55

Tabela 6- Resultados dos critérios de longa duração.

Os indicadores Lden e Ln calculados demonstram conformidade com os valores limite de exposição estabelecidos para zonas mistas.

Avaliação	Valor Calculado	VLE Mista	Cumprimento Zona Mista
Lden	55	65	Cumpre
Ln	49	55	Cumpre

Tabela 7- Resultados do Lden e Ln.

Aqui vemos a tabela com os dados de medição do ponto 2.

Período de Referência	Amostra	Duração da medição (min)	$L_{Aeq, T amostra}$ (dB(A))	$L_{Aim, T amostra}$ (dB(A))
Diurno	1 - RA	00:15	57,6	58,7
	2 - RA	00:15	59,8	61,5
	3 - RA	00:15	58,0	58,9
	4 - RA	00:15	56,6	57,4
	5 - RA	00:15	56,8	58,9
	6 - RA	00:15	56,2	57,3
	1 - RR	00:15	56,5	58,1
	2 - RR	00:15	56,6	58,0
	3 - RR	00:15	55,5	56,3
	4 - RR	00:15	55,4	56,5
	5 - RR	00:15	54,9	56,1
	6 - RR	00:15	56,5	58,3
Entardecer	1 - RA	00:15	53,4	54,3
	2 - RA	00:15	53,5	54,4
	3 - RA	00:15	52,9	53,8
	4 - RA	00:15	54,1	54,9
	5 - RA	00:15	53,3	54,2
	6 - RA	00:15	53,6	54,4
	1 - RR	00:15	56,4	57,5
	2 - RR	00:15	56,5	57,5
	3 - RR	00:15	54,9	56,5
	4 - RR	00:15	55,7	56,5
	5 - RR	00:15	55,9	56,6
	6 - RR	00:15	55,9	57,0
Noturno	1 - RA	00:15	52,8	53,7
	2 - RA	00:15	52,4	53,4
	3 - RA	00:15	52,8	53,8
	4 - RA	00:15	52,9	53,7
	5 - RA	00:15	52,7	53,5
	6 - RA	00:15	53,0	53,8
	1 - RR	00:15	52,4	53,5
	2 - RR	00:15	52,8	53,8
	3 - RR	00:15	53,1	54,2
	4 - RR	00:15	52,9	53,7
	5 - RR	00:15	53,1	53,8

	6 - RR	00:15	54,0	55,0
--	--------	-------	------	------

Tabela 8- Dados de ruído ambiental e ruído residual, ponto 2.

O LAr neste ponto vai ser diferente no período diurno, pois verificou-se tonalidade na banda de 1600 Hz na quinta amostra deste período.

Critério de Incomodidade		VL	Cumprimento
Diurno	2	5	Cumpre
Entardecer	-2	4	Cumpre
Noturno	0	3	Cumpre

Tabela 9- Resultados do critério de incomodidade.

De acordo com o artigo 13 do RGR, a empresa está em cumprimento com o critério de incomodidade nos períodos de referência diurno, entardecer e noturno, no ponto avaliado.

Esta tabela apresenta os dados do ruído ambiental e residual por período de dia, diurno, entardecer e noturno respetivamente.

Nível sonoro de longa duração	LAeq
Ld - Semana, segunda a sexta	57,7
Ld - Fim de semana	55,9
Le - Semana	53,5
Le - Fim de semana	55,9
Ln - Semana	52,8
Ln - Fim de semana	53,1

Tabela 10- Resultados LAeq do Ruído Ambiental e Residual.

Aqui vemos as médias de cada período do dia ponderas representativas de um ano.

Critério médios de longa duração	
Ld	57
Le	54
Ln	53
Lden	60

Tabela 11- Resultados dos critérios de longa duração.

Os indicadores Lden e Ln calculados demonstram conformidade com os valores limite de exposição estabelecidos para zonas mistas.

Avaliação	Valor Calculado	VLE Mista	Cumprimento Zona Mista
Lden	60	65	Cumpre
Ln	53	55	Cumpre

Tabela 12- Resultados do Lden e Ln.

A análise dos resultados revela que, apesar de os valores limite de exposição ao ruído serem cumpridos em ambos os pontos de medição, no Ponto 1 é registado incumprimento do critério de incomodidade, exigindo por isso a implementação de medidas de minimização do impacto acústico. Entre estas medidas recomendam-se intervenções na fonte de ruído, como a otimização dos processos produtivos, a manutenção preventiva dos equipamentos e a instalação de silenciadores; intervenções no percurso de propagação, incluindo a colocação de barreiras acústicas e revestimentos absorventes; e intervenções ao nível do recetor, nomeadamente o reforço do isolamento sonoro dos edifícios sensíveis, sempre que aplicável, segundo o artigo 16º do Regulamento Geral do Ruído. A adoção integral dos requisitos e medidas acústicas é essencial para garantir a compatibilidade da atividade industrial com a qualidade de vida dos recetores sensíveis do entorno, em conformidade com os artigos 11º e 13º do Decreto-Lei 9/2007.

2. Ruído Ocupacional

Durante o presente ensaio foram realizadas deslocações à empresa em diferentes momentos, tendo em consideração o elevado número de postos de trabalho a avaliar. No decorrer das visitas, foram recolhidas informações junto dos trabalhadores relativamente ao tempo médio de permanência em cada posto ao longo da jornada laboral. Simultaneamente, foi solicitado ao empregador o esclarecimento sobre a utilização de equipamentos de proteção individual, nomeadamente de proteção auditiva.

A avaliação abrangeu quatro trabalhadores distribuídos por diferentes funções operacionais, representando a diversidade de exposições presentes na empresa:

Trabalhador 1 - Tarefas de Trituração

Este colaborador desenvolve atividades em três postos distintos, com tempos de exposição que apresentam uma incerteza associada de 10%, conforme indicado pela entidade empregadora. No **gabinete de produção**, com exposição de **1 hora diária**, as medições foram realizadas junto da secretária com a porta fechada, sendo as principais fontes sonoras o ruído geral da produção no exterior e a comunicação entre trabalhadores. Na **plataforma de abastecimento**, durante **2 horas diárias**, as medições decorreram durante o abastecimento do triturador, identificando como fontes principais o próprio triturador, o manuseamento de matéria-prima e o ruído geral da produção. No **Piso 0 - Tapete de Saída**, com exposição de **5 horas diárias**, as medições foram efetuadas junto do tapete de saída durante o abastecimento da máquina, sendo as principais fontes o triturador e a circulação de empilhadores.

Trabalhador 2 - Tarefas de Aglomeração

As atividades são realizadas em dois locais distintos. Na **plataforma de controlo**, durante **4 horas diárias**, as medições foram executadas na zona de controlo operacional durante a aglomeração, identificando como fontes principais a prensa, o dispensador e o ruído geral da produção. Na **Linha 1 - Balança**, também durante **4 horas diárias**, as medições ocorreram junto dos trabalhadores e dos calandros durante as tarefas de mistura e pesagem de borracha, sendo as principais fontes sonoras os calandros e o ruído geral da produção.

Trabalhador 3 - Tarefas de Embalamento

Este trabalhador executa tarefas distribuídas por dois postos. Na **Serra 19**, com atividades de corte durante **0,5 horas diárias**, as medições foram realizadas durante o corte de blocos, identificando como principais fontes o corte e o funcionamento da serra. No **embalamento**, durante **7,5 horas diárias**, as medições decorreram durante as tarefas de embalamento, sendo as fontes principais o agrafador e o ruído geral da produção.

Trabalhador 4 - Tarefas de Escritório

Desenvolve atividades administrativas no escritório durante **8 horas diárias**, tendo as medições sido realizadas na secretária central, sendo as principais fontes sonoras a comunicação entre trabalhadores e o manuseamento de material de escritório.

De acordo com a metodologia previamente descrita, apresentam-se de seguida os dados e os resultados obtidos a partir das medições realizadas.

Designação	Zona	Tempo de amostragem [min]	LAeq [dB(A)]
Gabinete produção	Trituração	15min	75,9
		5min	75,9
		5min	75,8
		5min	76,0
Plataforma de abastecimento	Trituração	15min	95,4
		5min	95,9
		5min	95,2
		5min	95,2
Piso 0 - Tapete de Saída	Trituração	15min	83,1
		5min	83,3
		5min	83,2
		5min	82,9
Plataforma de controlo	Aglomeração	15min	77,2
		5min	77,3
		5min	77,2
		5min	77,2
Linha 1 - Balança	Aglomeração	15min	86,4
		5min	86,4
		5min	86,5
		5min	86,3
Serra 19	Corte e embalagem	15min	91,6
		5min	91,0

Designação	Zona	Tempo de amostragem [min]	LAeq [dB(A)]
		5min	93,0
Embalamento	Corte e embalagem	15min	81,7
		5min	81,0
		5min	82,0
		5min	82,0
		15min	57,3
Espaço Aberto	Escritórios	5min	56,3
		5min	56,7
		5min	58,6
		5min	58,6

Tabela 13- Dados do ensaio de ruído ocupacional.

Níveis de Exposição Diária (LEX,8h) Calculados

	Gabinete produção	Plataforma de abastecimento	Piso 0 - Tapete de Saída					
	Trituração	Trituração	Trituração				Peltor Optime	
Tempo de exposição	1	2	5	LEX,8h	U	LEX,8h + inc	LEX,8h efect	LC Pico
Trabalhador de Trituração LEX8h	75,9	95,4	83,1	90,0	1,8	92	72	115

Tabela 14- Resultados dos níveis de exposição diária do trabalhador 1.

O Trabalhador 1, afeto às tarefas de trituração, apresenta um nível de exposição diária LEX,8h de **92,0 dB(A)**, valor que excede claramente o valor limite de ação superior de **85 dB(A)** estabelecido no artigo 3º do Decreto-Lei 182/2006. Esta situação configura risco muito elevado para a saúde auditiva, exigindo implementação imediata e obrigatória de medidas de controlo e proteção. O Trabalhador 1, quando equipado com **protetor auditivo Peltor Optime**, apresenta uma exposição efetiva de **72,0 dB(A)**, demonstrando uma atenuação substancial que coloca a exposição em níveis inferiores ao valor de ação inferior.

	Plataforma de controlo	Linha 1 - Balança						
	Aglomeracão	Aglomeracão					Peltor Optime	
Tempo de exposição	4	4	0	LEX,8h	U	LEX,8h + inc	LEX,8h efect	LC Pico
Trabalhador da Aglomeração	77,2	86,4	0	83,9	1,8	86	75	118

Tabela 15- Resultados dos níveis de exposição diária do trabalhador 2.

O Trabalhador 2, responsável pelas tarefas de aglomeração, regista um LEX,8h de **86 dB(A)**, situando-se acima do valor de ação superior de 85 dB(A). Esta situação configura risco muito elevado para a saúde auditiva, exigindo implementação imediata e obrigatória de medidas de controlo e proteção. O Trabalhador 2, com o mesmo tipo de protetor, atinge **75,0 dB(A)** de exposição efetiva, mantendo-se igualmente em valores inferiores ao valor de ação inferior.

	Serra 19	Embalamento						
	Corte e embalagem	Corte e embalagem					1271	
	0,5	7,5		LEX,8h	U	LEX,8h + inc	LEX,8h efect	LC Pico
Trabalhador da Embalagem	91,6	81,7		83,6	1,8	85	68	116

Tabela 16- Resultados dos níveis de exposição diária do trabalhador 3.

O Trabalhador 3, dedicado às tarefas de embalagem, apresenta um LEX,8h de **85 dB(A)**, encontrando-se numa situação similar ao trabalhador 2, com excedência do valor de ação superior e necessidade de implementação de medidas imediata e obrigatória de medidas de controlo e proteção de monitorização e prevenção. O Trabalhador 3, utilizando protetor modelo 1271, consegue uma exposição efetiva de **68,0 dB(A)**, evidenciando excelente desempenho de atenuação. Mas tendo que avaliar a sobreproteção.

	Openspace							
	Escritórios					1271		
	8	LEX,8h	U	LEX,8h + inc	LEX,8h efect	LC Pico		
Trabalhador de Escritório	57,3	57,3	2,3	60	---	102		

Tabela 17- Resultados dos níveis de exposição diária do trabalhador 4.

O Trabalhador 4, que desenvolve atividades de escritório, regista o menor nível de exposição com LEX,8h de **60 dB(A)**, valor bem inferior a todos os limites de referência, configurando uma situação de conformidade integral com os requisitos legais.

Obrigações da Entidade Empregadora segundo o DL 182/2006

Quando são Ultrapassados os Valores de Ação Inferior (80 dB(A)):

Conforme estabelecido no artigo 7º do Decreto-Lei 182/2006, quando os níveis de exposição igualam ou excedem os valores de ação inferior, a entidade empregadora deve colocar à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais e assegurar informação e formação adequada sobre os riscos potenciais para a segurança e saúde, as medidas tomadas para eliminar ou reduzir os riscos, os valores limite de exposição e de ação, e os resultados das avaliações efetuadas.

Quando são Ultrapassados os Valores de Ação Superior (85 dB(A)):

O artigo 7º estabelece que a entidade empregadora deve assegurar a utilização obrigatória pelos trabalhadores de protetores auditivos individuais, garantir que os protetores selecionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição, e aplicar medidas que garantam a utilização pelos trabalhadores destes equipamentos, controlando a sua eficácia.

Obrigações Adicionais da Entidade Empregadora:

O artigo 5º determina que o empregador deve proceder à avaliação de riscos com periodicidade mínima anual sempre que sejam alcançados ou ultrapassados os valores de ação superiores. O artigo 11º estabelece a obrigação de assegurar vigilância adequada da saúde dos trabalhadores expostos, com vista à prevenção e diagnóstico precoce de qualquer perda de audição.

Obrigações do Trabalhador:

O trabalhador tem o dever de utilizar corretamente os equipamentos de proteção individual fornecidos, participar nos programas de formação e informação proporcionados pelo empregador, e submeter-se às ações de vigilância da saúde determinadas pelo médico do trabalho.

Possíveis medidas de gestão do risco.

Para o **Trabalhador 1 (risco muito alto)**: Implementação imediata de medidas técnicas de redução do ruído na fonte, nomeadamente otimização do funcionamento do triturador, manutenção preventiva rigorosa, e eventual instalação de enclausuramento acústico.

Para os **Trabalhadores 2 e 3 (risco moderado)**: Formação sobre riscos associados ao ruído ocupacional, implementação de medidas organizacionais como rotação de postos para limitar o tempo de exposição, e vigilância médica regular da função auditiva.

Para o **Trabalhador 4**: Manutenção das condições atuais, que se apresentam em conformidade integral com os requisitos legais.

3. Iluminância

Para a realização do presente ensaio efetuou-se apenas uma deslocação à empresa, durante o período da manhã, não obstante o número elevado de postos a avaliar.

Previamente à visita técnica, encontravam-se já identificados os postos a medir, com base em levantamentos realizados anteriormente pela empresa.

De acordo com a metodologia previamente descrita, apresentam-se de seguida os dados obtidos e os respetivos resultados das medições efetuadas.

Posto de Trabalho	Data das medições	Hora Inicial das Medições	Área da Tarefa					
			Iluminancia média mantida	Valor recomendado	Avaliação	Uniformidade	Valor Recomendado	Avaliação
Secretária 1	10/02/2025	10:24	1148 ± 221	500	Cumpre	0,5 ± 0,1	0,6	Não Uniforme
Secretária 2	10/02/2025	10:30	332 ± 26	500	Não Cumpre	0,9 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 3	10/02/2025	10:37	941 ± 132	500	Cumpre	0,7 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 4	10/02/2025	10:42	535 ± 40	500	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 5	10/02/2025	10:46	1495 ± 192	500	Cumpre	0,8 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 6	10/02/2025	10:50	631 ± 45	500	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 7	10/02/2025	10:55	405 ± 24	500	Não Cumpre	1 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 8	10/02/2025	10:59	650 ± 69	500	Cumpre	0,8 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 9	10/02/2025	11:05	1461 ± 138	500	Cumpre	0,8 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 10	10/02/2025	11:08	819 ± 66	500	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 11	10/02/2025	11:13	617 ± 40	500	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 12	10/02/2025	11:19	592 ± 41	500	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 13	10/02/2025	11:27	707 ± 102	500	Cumpre	0,6 ± 0,1	0,6	Uniforme
Secretária 14	10/02/2025	11:32	581 ± 41	500	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,6	Uniforme

Tabela 18- Dados e resultados da área de tarefa do ensaio de iluminância.

A análise da tabela permitiu concluir que apenas três postos de trabalho, nomeadamente as secretárias **1, 2 e 7**, não cumprem integralmente os requisitos definidos pela norma EN 12464-1:2021 para ambientes laborais interiores. A secretária **1** apresenta um valor de uniformidade abaixo do recomendado, enquanto as secretárias **2 e 7** registam valores de iluminância mínimos insuficientes para as tarefas desempenhadas.

Recomendam-se assim intervenções como a otimização da disposição dos pontos de luz, a substituição ou reforço das luminárias existentes por dispositivos com maior

eficiência ou intensidade luminosa, e a eventual reconfiguração do mobiliário, de modo a garantir a distribuição homogénea da luz e níveis adequados de iluminância em todas as zonas de trabalho. Estas ações devem sempre ser suportadas por nova avaliação pós-intervenção, garantindo o cumprimento dos valores recomendados e a manutenção das condições ergonómicas e de bem-estar dos utilizadores.

De seguida vemos os resultados da iluminância da área da vizinhança.

Área da Vizinhança								
Posto de Trabalho	Data das medições	Hora Inicial das Medições	Iluminância média mantida	Valor recomendado	Avaliação	Uniformidade	Valor Recomendado	Avaliação
Secretária 1	10/02/2025	10:24	1090 ± 398	300	Cumpre	0,5 ± 0,2	0,4	Uniforme
Secretária 2	10/02/2025	10:30	396 ± 89	300	Cumpre	0,7 ± 0,2	0,4	Uniforme
Secretária 3	10/02/2025	10:37	867 ± 350	300	Cumpre	0,6 ± 0,3	0,4	Uniforme
Secretária 4	10/02/2025	10:42	573 ± 83	300	Cumpre	0,7 ± 0,1	0,4	Uniforme
Secretária 5	10/02/2025	10:46	1485 ± 411	300	Cumpre	0,7 ± 0,2	0,4	Uniforme
Secretária 6	10/02/2025	10:50	620 ± 120	300	Cumpre	0,9 ± 0,2	0,4	Uniforme
Secretária 7	10/02/2025	10:55	443 ± 47	300	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,4	Uniforme
Secretária 8	10/02/2025	10:59	635 ± 218	300	Cumpre	0,6 ± 0,2	0,4	Uniforme
Secretária 9	10/02/2025	11:05	1253 ± 368	300	Cumpre	0,7 ± 0,2	0,4	Uniforme
Secretária 10	10/02/2025	11:08	778 ± 120	300	Cumpre	0,8 ± 0,1	0,4	Uniforme
Secretária 11	10/02/2025	11:13	661 ± 78	300	Cumpre	0,8 ± 0,1	0,4	Uniforme
Secretária 12	10/02/2025	11:19	568 ± 55	300	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,4	Uniforme
Secretária 13	10/02/2025	11:27	325 ± 35	300	Cumpre	0,9 ± 0,1	0,4	Uniforme
Secretária 14	10/02/2025	11:32	615 ± 91	300	Cumpre	0,8 ± 0,1	0,4	Uniforme

Tabela 19- Dados e resultados da área da vizinhança do ensaio de iluminância.

Após a análise da tabela concluímos que todos os postos de trabalho cumprem os requisitos definidos pela norma EN 12464-1:2021 em relação à área da vizinhança.

4. Ambiente Térmico

A execução deste ensaio exigiu apenas uma deslocação à empresa, realizada durante o período da manhã, uma vez que se trata de um procedimento de curta duração, concluído em poucas horas, embora seja necessário considerar um intervalo adicional para a estabilização dos equipamentos e a consolidação dos dados de medição. As tabelas com os dados encontram-se no anexo 2.

De acordo com a metodologia previamente descrita, apresentam-se de seguida os resultados obtidos a partir das medições realizadas.

Escritório zona central

Recorrendo a um método de cálculo automatizado para determinação dos índices PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) na zona central do escritório, obteve-se um valor de **PMV de -0,85** e de **PPD correspondente a 20,2%**. Estes resultados indicam uma perceção térmica ligeiramente tendente ao frio por parte dos ocupantes, sendo que, segundo a norma ISO 7730:2005, o valor de **PMV recomendado para conforto térmico situa-se no intervalo de -0,5 a +0,5** e o **PPD deve ser inferior a 10%** para condições ótimas de conforto. Neste contexto, os valores obtidos não respeitam integralmente os parâmetros legais e normativos recomendados para espaços de trabalho, sinalizando um potencial desconforto para uma fração considerável dos utilizadores.

Escritório zona aberta lado direito

Na zona aberta do lado direito do escritório, recorrendo ao mesmo procedimento automatizado para obtenção dos índices PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), verificou-se um **PMV de -1,25** e **PPD de 37,6%**. Estes valores evidenciam uma tendência significativa para sensação de frio, levando a um desconforto térmico para uma parcela elevada dos utilizadores.

Segundo a ISO 7730:2005, o intervalo recomendado para **o PMV situa-se entre -0,5 e +0,5, enquanto o PPD não deve exceder os 10%** para garantir condições ótimas de conforto térmico em espaços laborais. Deste modo, os resultados registados encontram-se fora dos limites normativos, sinalizando a necessidade de intervenção na climatização do espaço.

Escritório espaço aberto lado esquerdo

Na zona aberta à esquerda do escritório, a aplicação do mesmo método automatizado para cálculo dos índices PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) revelou um **PMV de -0,71 e um PPD de 15,5%**. Estes indicadores sugerem uma predominante sensação de frio, ocasionando desconforto térmico para uma parcela considerável dos ocupantes.

De acordo com a norma ISO 7730:2005, considera-se confortável um intervalo de **PMV entre -0,5 e +0,5 e um PPD inferior a 10%**. Assim, os valores apurados encontram-se em desacordo com esses critérios, indicando a necessidade de ações corretivas para melhorar as condições térmicas do espaço.

Para os três pontos, recomenda-se a elevação da temperatura ambiente, a revisão do isolamento térmico oferecido pelo vestuário dos colaboradores, além da otimização dos sistemas de ventilação. Tais medidas visam minimizar a sensação de frio, promovendo um ambiente térmico mais satisfatório.

Apreciações finais

O estágio decorreu de forma suficientemente satisfatória, tendo sido uma experiência enriquecedora tanto ao nível prático quanto teórico.

Em termos de aprendizagem profissional, o estágio permitiu a aplicação direta dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sobretudo nas áreas de avaliação acústica, iluminotécnica e conforto térmico no ambiente laboral. O contacto com equipamentos de medição, análise de dados e normas técnicas específicas reforçou a compreensão prática e crítica dos conceitos estudados, facilitando o desenvolvimento de competências técnicas e metodológicas essenciais para o futuro profissional.

A nível teórico, foram aprofundados conhecimentos nas normas nacionais e internacionais referentes à acústica ambiental, ergonomia do trabalho e qualidade do ambiente interior, o que complementou a formação académica e ampliou a visão integrada sobre a importância da avaliação ambiental no contexto ocupacional. Este estágio constituiu, assim, uma experiência decisiva para a minha formação, consolidando competências técnicas e pessoais que contribuirão para o meu sucesso no mercado de trabalho.

Referências Bibliográficas

1. Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Guia prático para medições de ruído ambiente* (2ª ed.).
2. Agência Portuguesa do Ambiente. (2025, janeiro 13). *Fontes de ruído*.
3. Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro. *Diário da República* n.º 12/2007, Série I. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
4. Diário da República. (2025, janeiro 13). *Regulamento Geral do Ruído – Decreto-Lei n.º 9/2007*.
5. Instituto Português da Qualidade. (2019). *NP ISO 1996-1:2021 Acústica - Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação*. IPQ.
6. Instituto Português da Qualidade. (2019). *NP ISO 1996-2:2022 Acústica - Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora*. IPQ.
7. Ruia, L. R., & Steffani, M. H. (2006). *A Física na Audição Humana*. Trabalho apresentado no Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
8. World Health Organization. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. WHO Regional Office for Europe.

Ruído ocupacional (03/02/25)

9. Agência europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. (2005). *O impacto do ruído no trabalho*. Facts, 57.
10. Arezes, P. M., & Miguel, A. S. (2002). *A exposição ocupacional ao ruído em Portugal*. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 20(1), 61-69.
11. Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro. *Diário da República* n.º 172/2006, Série I. Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social. Lisboa.
12. European Agency for Safety and Health at Work. (2000). *The state of occupational safety and health in the European Union - Pilot study*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
13. Ferreira, A., & Freitas, E. (2010). *O ruído ambiental e ocupacional e os seus efeitos na saúde humana*. *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia*, 7, 76-88.
14. Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. (2015). *Programa Nacional de Saúde Ocupacional: 2º Ciclo - 2013/2017*. Lisboa: INSA.
15. Nunes, F. M. D. O., & Sá, E. S. (2014). *A prevenção de riscos ocupacionais em Portugal: Situação atual e perspetivas futuras*. *International Journal on Working Conditions*, 7, 68-83.

Instrumentos de Gestão Territorial (03/02/25)

16. Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Guia prático para medições de ruído ambiente*.
17. Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho. *Diário da República* n.º 176/2006.
18. Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro. *Diário da República* n.º 12/2007.

Iluminância (17/02/2025)

19. Autoridade para as Condições do Trabalho. (n.d.). *Iluminação nos locais de trabalho*.
20. Comité Europeu de Normalização. (2011). *EN 12464-1:2011 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places*. CEN.
21. Comité Europeu de Normalização. (2014). *EN 12464-2:2014 Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places*. CEN.
22. Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro. *Diário da República* n.º 220/2008, Série I. Ministério da Administração Interna. Lisboa.
23. Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de setembro. *Diário da República* n.º 175/2006, 1º Suplemento, Série I. Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa.

Ambiente Térmico

24. Agência Portuguesa do Ambiente. (2021, April 22). *Listagens de Certificados e Atestados Emitidos*.
25. Estrela, T. F. C. (n.d.). *Avaliação de Ambientes Térmicos Quentes* [Master's thesis, Universidade de Coimbra]. Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal.
26. Instituto de Soldadura e Qualidade. (2022, July 11). *Avaliação do conforto e stress térmico*.
27. Relatório do Estado do Ambiente. (2024, August 6). *Ondas de calor e de frio*.
28. Silva, A. R. (n.d.). *Avaliação do Ambiente Térmico nas instalações da empresa Mobipeople* [Master's thesis, Universidade de Coimbra]. Estudo Geral.

Metodologia

Ruído Ambiente-18/02/25

29. Agência Portuguesa do Ambiente. (2020, Julho). *Guia prático para medições de ruído ambiente - no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996*.
30. Decreto-Lei n.º 9/2007. (2007). *Diário da República* n.º 12/2007, Série I de 2007-01-17.
31. Instituto Português da Qualidade. (2019). *NP ISO 1996: Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente*.

a. Ruído ocupacional- 24/02/25

32. Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro. *Diário da República*, 172/2006, Série I.
33. Diretiva n.º 2003/10/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro. *Jornal Oficial da União Europeia*.
34. NP EN ISO 9612.

Iluminância- 24/02/25

35. Comité Européen de Normalisation. (2021). *EN 12464-1:2021 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places*. CEN

Ambiente Térmico- 24/02/25

36. International Organization for Standardization. (2007). *ISO 11079:2007 - Ergonomics of the thermal environment — Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects*. ISO.
37. International Organization for Standardization. (1998). *ISO 7726:1998 - Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities*. ISO.
38. International Organization for Standardization. (2004). *ISO 8996:2004 - Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate*. ISO.
39. International Organization for Standardization. (2005). *ISO 7730:2005 - Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. ISO.
40. International Organization for Standardization. (2007). *ISO 9920:2007 - Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble*. ISO.
41. International Organization for Standardization. (2017). *ISO 7243:2017 - Ergonomics of the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index*. ISO.
42. https://www.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/PMV-PPD.html

Imagens(19-09-2025)

https://www.cm-maia.pt/cm-maia/uploads/writer_file/document/11835/maia_md_maparuido.pdf

<https://ceminstrumentos.com.br/produto/sonometro-medidor-de-nivel-sonoro-com-filtro-de-banda-de-oitava-e-terca-de-oitava-c308/>

<https://www.manutan.pt/pt/map/luximetro?srsItid=AfmBOorIbVhdw1fld8HxPPG6gIUa-LQWWWq6zDcPe1MQdUipbiEW2cpw#productBeginIndex:0&orderBy:7&>

<https://www.climaeambiente.com.br/prod,idproduto,4889382,instrumentos-de-medicao-termometro-de-globo-bulbo-seco-e-umido-digital---itg-01?srsItid=AfmBOorthfH-E4y70FQKvZVLBNFseuVMvSVhpQu6hbRNkO1myK48hGbn>

https://promotionice.com/pt/anemometro-balest?srsItid=AfmBOopFgpeA3RosgsiOWYUHGkM6khthSUacP31iX0YmyAHU_--eCves

<https://www.instrufiber.com.br/psicrometro-termo-higrometro-digital-portatil-escala-ponto-de-orvalho-termometro-infravermelho-modelo-ti-400-instrufiber?srsItid=AfmBOooy0h02ew13jWXIdTQkbsl37G1wutdBQ2fFaPB-INYSJx6Oa6cS>

Anexo 1

Fabricante	Modelo	SNR		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
		[dB]		Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
3M	1271	25	Atenuação média [dB]	26,6	27,7	28,4	29,5	29,6	35,6	35,4	38,9
			Desvio padrão [dB]	9,4	9,9	10,9	9,6	8,2	6,8	9,6	6,7
3M PELTOR	Optime I H510A	27	Atenuação média [dB]	14,1	11,6	18,7	27,5	32,9	33,6	36,1	35,8
			Desvio padrão [dB]	4,0	4,3	3,6	2,5	2,7	3,4	3,0	3,8

Tabela A1- Dados dos protetores auditivos para o ruído ocupacional.

Anexo 2

n.	Ta (C)	RH (%)	Va (m/s)	Tr (C)
1	17,1	65,2	0,31	18,3
2	17,2	65,5	0,08	17,8
3	17,2	65,5	0,07	17,7
4	17,2	65,6	0,03	17,6
5	17,2	65,3	0	17,6
6	17,2	64,8	0	17,6
7	17,2	64,8	0	17,6
8	17,3	64,7	0	17,6
9	17,2	64,7	0	17,6
10	17,2	64,7	0	17,6
11	17,2	64,7	0	17,5
12	17,2	64,8	0,05	17,5
13	17,2	64,8	0,02	17,5
14	17,2	64,8	0,01	17,5
15	17,2	64,8	0,01	17,5
16	17,2	64,9	0,06	17,6
17	17,2	65	0,03	17,5
18	17,2	65	0,01	17,5
19	17,2	65,1	0	17,5
20	17,2	65	0,04	17,5
21	17,2	64,9	0	17,5
22	17,2	65,1	0	17,4
23	17,2	65,3	0	17,4
24	17,2	65,3	0	17,4
25	17,2	65,2	0	17,4
26	17,2	65,2	0	17,4
27	17,2	65,2	0	17,4
28	17,2	65,2	0	17,4
29	17,2	65,2	0	17,4
30	17,2	65,1	0	17,4
31	17,2	65,3	0,04	17,4
32	17,2	65,3	0,02	17,4
33	17,3	65,3	0,01	17,4
34	17,3	65,2	0	17,4
35	17,3	65,1	0	17,3
36	17,3	65,1	0	17,4
37	17,3	65	0	17,4
38	17,3	64,9	0	17,4
39	17,4	64,8	0	17,4
40	17,4	64,7	0,01	17,3
41	17,4	64,8	0,03	17,4
42	17,4	64,8	0,01	17,4
43	17,4	64,6	0,01	17,4
44	17,4	64,5	0,01	17,4

45	17,4	64,4	0,01	17,4
46	17,4	64,4	0	17,4
47	17,4	64,3	0	17,4
48	17,4	64,4	0	17,4
49	17,5	64,4	0	17,4
50	17,5	64,4	0,01	17,4
51	17,5	64,4	0	17,4
52	17,4	64,3	0,01	17,4
53	17,5	64,3	0,01	17,4
54	17,5	64,3	0	17,4
55	17,5	64,3	0	17,5
56	17,5	64,3	0,01	17,5
57	17,5	64,3	0	17,5
58	17,5	64,3	0	17,5
59	17,5	64,4	0	17,5
60	17,5	64,4	0,01	17,5
61	17,4	64,4	0	17,5
62	17,5	64,4	0	17,5
63	17,5	64,4	0	17,5
64	17,5	64,4	0	17,6
65	17,5	64,4	0	17,6
66	17,5	64,5	0	17,6
67	17,5	64,5	0	17,6
68	17,5	64,5	0	17,6
69	17,5	64,6	0	17,6
70	17,5	64,6	0	17,6
71	17,5	64,7	0	17,6
72	17,5	64,7	0	17,6
73	17,5	64,7	0	17,6
74	17,5	64,7	0	17,6
75	17,5	64,7	0	17,6
76	17,5	64,7	0	17,6
77	17,5	64,7	0,02	17,7
78	17,5	64,6	0	17,6
79	17,5	64,6	0,02	17,7
80	17,5	64,6	0	17,7
81	17,5	64,7	0	17,7
82	17,5	64,8	0	17,7
83	17,5	64,8	0	17,7
84	17,5	64,8	0	17,7
85	17,5	64,7	0,03	17,7
86	17,5	64,7	0	17,7
87	17,5	64,8	0	17,7
88	17,5	64,7	0	17,7
89	17,5	64,7	0	17,7

Tabela A 2.1- Dados de conforto térmico do escritório zona central.

n.	Ta (C)	RH (%)	Va (m/s)	Tr (C)
1	17,8	66,2	0,37	17,4
2	17,9	65,5	0,41	17,3
3	17,9	65,2	0,3	17,4
4	17,9	64,8	0,45	17,4
5	17,9	64,5	0,33	17,5
6	17,9	64,5	0,45	17,5
7	17,8	64,6	0,31	17,6
8	17,8	64,7	0,37	17,6
9	17,8	64,8	0,28	17,6
10	17,8	64,9	0,23	17,7
11	17,8	64,9	0,21	17,7
12	17,8	64,9	0,44	17,7
13	17,8	64,9	0,23	17,7
14	17,8	65	0,63	17,7
15	17,8	65	0,26	17,8
16	17,7	65	0,58	17,8
17	17,7	65	0,16	17,8
18	17,7	65,1	0,51	17,9
19	17,7	65,1	0,14	17,8
20	17,7	65,2	0,65	17,9
21	17,7	65,3	0,27	17,9
22	17,7	65,3	0,29	17,9
23	17,7	65,3	0,11	17,8
24	17,7	65,4	0,49	17,9
25	17,7	65,4	0,18	17,9
26	17,7	65,4	0,59	18
27	17,7	65,5	0,26	17,9
28	17,7	65,5	0,5	17,9
29	17,7	65,6	0,14	17,8
30	17,7	65,6	0,53	17,9
31	17,7	65,5	0,33	17,9
32	17,7	65,5	0,56	17,9
33	17,7	65,5	0,34	17,9
34	17,7	65,5	0,55	17,9
35	17,7	65,5	0,09	17,8
36	17,7	65,6	0,56	17,9
37	17,7	65,6	0,31	17,8
38	17,7	65,6	0,44	17,8
39	17,7	65,6	0,15	17,8
40	17,7	65,6	0,29	17,9
41	17,7	65,6	0,14	17,8
42	17,7	65,7	0,25	17,8
43	17,6	65,7	0,16	17,8
44	17,6	65,7	0,33	17,9
45	17,6	65,7	0,43	17,8
46	17,6	65,7	0,52	17,8

47	17,6	65,7	0,26	17,8
48	17,6	65,6	0,32	17,8
49	17,6	65,6	0,12	17,8
50	17,6	65,6	0,38	17,8
51	17,6	65,7	0,19	17,8
52	17,6	65,7	0,32	17,8
53	17,6	65,7	0,18	17,8
54	17,6	65,8	0,34	17,8
55	17,6	65,8	0,3	17,8
56	17,6	65,8	0,32	17,8
57	17,6	65,8	0,56	17,8
58	17,6	65,8	0,21	17,7

Tabela A 2.2- Dados de conforto térmico do espaço aberto lado direito.

n.	RH (%)			
	Ta (C)		Va (m/s)	Tr (C)
1	17,7	66	0,05	17,7
2	17,7	66,4	0,01	17,7
3	17,8	66	0	17,7
4	17,8	65,7	0,03	17,6
5	17,8	65,4	0,01	17,7
6	17,8	65,2	0	17,7
7	17,8	65,2	0	17,7
8	17,8	65,1	0	17,7
9	17,8	65,2	0	17,7
10	17,8	65,2	0,01	17,7
11	17,7	65,2	0	17,8
12	17,7	65,3	0,09	17,8
13	17,7	65,4	0	17,8
14	17,7	65,5	0	17,8
15	17,7	65,4	0	17,8
16	17,7	65,3	0	17,8
17	17,7	65,3	0,01	17,8
18	17,7	65,2	0	17,8
19	17,7	65,1	0	17,8
20	17,7	65,1	0	17,8
21	17,7	65,2	0	17,8
22	17,7	65,2	0	17,8
23	17,7	65,2	0	17,9
24	17,7	65,2	0	17,9
25	17,7	65,2	0	17,9
26	17,7	65,3	0,01	17,9
27	17,7	65,6	0	17,9
28	17,8	65,6	0	17,9
29	17,8	65,5	0,01	17,9
30	17,8	65,2	0,01	17,9
31	17,8	65,3	0	17,9
32	17,8	65,5	0	17,9

33	17,8	65,5	0	17,9
34	17,8	65,4	0	18
35	17,8	65,4	0	17,9
36	17,8	65,5	0,26	18,1
37	17,8	65,6	0,05	18
38	17,8	66	0,02	17,9
39	17,9	66,6	0	17,9
40	17,9	65,9	0	18
41	17,9	65,5	0,02	18
42	17,9	65,5	0	18
43	18	65,3	0,02	18
44	18	64,9	0,01	18
45	18	64,9	0	18
46	18	64,8	0	18
47	18	64,9	0,01	18
48	18	64,8	0	18,1
49	18	64,9	0	18,1
50	18	64,9	0	18,1
51	18	64,9	0	18,1
52	18	64,8	0	18,1
53	18	64,9	0	18,1
54	18	64,8	0,02	18,1
55	18	64,9	0	18,1
56	18	65,1	0	18,1
57	18	65,1	0	18,1
58	18	64,9	0	18,2
59	18	64,9	0	18,2
60	18	65	0,09	18,2
61	18	64,9	0	18,2
62	18	65	0,01	18,2
63	18	65,1	0	18,2
64	18	65	0	18,2
65	18	64,9	0	18,2
66	18	64,9	0	18,3
67	18	65,1	0	18,3
68	18	64,9	0	18,3
69	18	65	0	18,3
70	18	65	0	18,3
71	18	65	0,02	18,3
72	18	65	0	18,3
73	18	65,1	0,01	18,3
74	18	65,4	0,1	18,4
75	18	65,5	0	18,3
76	18,1	65,5	0,01	18,3
77	18,1	65,5	0	18,3
78	18,1	65,5	0,02	18,3
79	18	65,5	0,01	18,3
80	18	65,7	0	18,3

81	18	65,8	0	18,3
82	18	65,7	0	18,3
83	18	65,6	0	18,3
84	18	65,6	0	18,4
85	18	65,6	0,01	18,4
86	18	65,6	0	18,3
87	17,9	65,7	0	18,4
88	17,9	65,8	0	18,4
89	18	66	0,01	18,4
90	18	66	0	18,3
91	18	65,8	0	18,3
92	17,9	65,8	0	18,3
93	17,9	65,8	0,05	18,4
94	17,9	65,8	0,02	18,3
95	17,9	65,8	0	18,3
96	17,9	65,7	0	18,3
97	18	65,8	0	18,3
98	17,9	65,7	0	18,3
99	18	65,7	0	18,3
100	18	65,5	0	18,3
101	18	65,5	0	18,3
102	18	65,6	0	18,3
103	18	65,8	0	18,3
104	18	65,7	0	18,3
105	18	65,5	0	18,3
106	18	65,5	0	18,3
107	18	65,3	0	18,3
108	18	65,2	0	18,3
109	18	65,3	0	18,3
110	18	65,3	0	18,3
111	18	65,3	0	18,3
112	18	65,3	0	18,3
113	18	65,5	0	18,3
114	18	65,5	0	18,3
115	18	65,4	0	18,3
116	18	65,3	0	18,3
117	18	65,2	0	18,3
118	18	65,3	0,02	18,3
119	18	65,3	0,01	18,3
120	18	65,6	0	18,3
121	18	65,6	0,01	18,3
122	18	65,8	0	18,3
123	18,1	65,7	0,03	18,3
124	18,1	65,4	0	18,3
125	18,1	65,5	0,03	18,3
126	18,1	65,5	0	18,3
127	18,1	65,5	0	18,3
128	18,1	65,3	0	18,3

129	18,1	65,2	0	18,3
130	18,1	65,3	0	18,3
131	18,1	65,3	0	18,3
132	18,1	65,4	0,01	18,3
133	18,1	65,4	0	18,3
134	18,1	65,5	0	18,3
135	18,1	65,4	0	18,3
136	18,1	65,5	0,03	18,3
137	18,1	65,6	0	18,3
138	18,1	65,6	0	18,3
139	18,1	65,7	0,06	18,3
140	18,1	65,8	0	18,3
141	18,1	65,6	0	18,3
142	18,2	66,1	0,44	18,4
143	18,2	65,7	0,02	18,3
144	18,2	65,3	0,01	18,3
145	18,2	65	0	18,4
146	18,2	64,9	0	18,4
147	18,2	65,1	0	18,4
148	18,2	65,3	0	18,4
149	18,1	65,3	0	18,4
150	18,1	65,3	0,05	18,4
151	18,2	65,4	0,01	18,4
152	18,1	65,5	0,06	18,5
153	18,2	65,5	0	18,4
154	18,2	66	0	18,4
155	18,2	65,6	0,08	18,5
156	18,2	65,4	0,04	18,5
157	18,2	65,4	0,05	18,5
158	18,2	65,3	0,03	18,4
159	18,2	65,3	0,05	18,4
160	18,2	65,2	0,08	18,5
161	18,2	65,3	0,02	18,4
162	18,2	65,2	0	18,4
163	18,2	65,1	0	18,4
164	18,2	65,2	0	18,4
165	18,2	65	0	18,4
166	18,2	64,8	0,02	18,4
167	18,2	64,8	0,02	18,4
168	18,2	64,9	0,02	18,4
169	18,2	65	0,07	18,5
170	18,3	64,9	0,04	18,4
171	18,3	64,7	0,03	18,4
172	18,4	64,8	0,02	18,4
173	18,4	64,7	0,01	18,4
174	18,4	64,4	0	18,4
175	18,5	64,6	0,03	18,4

Tabela A 2.3- Dados de conforto térmico do espaço aberto lado esquerdo.

