

Instituto Politécnico de Lisboa
Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

**Impacto da qualidade ambiental interior na
produtividade dos trabalhadores em escritórios –
Revisão Sistemática**

Gonçalo Filipe da Silva Henriques

Orientadora: Doutora Marina de Almeida Silva (Escola Superior de
Tecnologia da Saúde de Lisboa)

Orientadora: Doutora Susana Maria Melo Fernandes Afonso Lucas
(Instituto Politécnico de Setúbal)

Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho

Lisboa, julho 2023

Instituto Politécnico de Lisboa
Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

**Impacto da qualidade ambiental interior na
produtividade dos trabalhadores em escritórios –
Revisão Sistemática**

Gonçalo Filipe da Silva Henriques

Orientadora: Doutora Marina de Almeida Silva (Escola Superior de
Tecnologia da Saúde de Lisboa)

Orientadora: Doutora Susana Maria Melo Fernandes Afonso Lucas
(Instituto Politécnico de Setúbal)

Júri:

Presidente: Doutora Margarida Custódio dos Santos – Escola Superior
de Tecnologia da Saúde de Lisboa – ESTeSL

Arguente: Doutor Francisco António Silva – Centro Tecnológico da
Cerâmica e do Vidro – CTCV

Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho

Lisboa, julho 2023

Agradecimentos

O resultado deste trabalho é principalmente fruto da partilha de experiências, vivências e conhecimento dos colegas que no decorrer destes dois anos vivemos momentos de grande referência e muita memória, momentos de cansaço, momentos de saturação, momentos nervosos e bastante intensos, mas também os vários momentos de imensa satisfação e cumplicidade. A todos eles lhes agradeço muito saudosamente, por todos os sentimentos que ficam para trás.

Quero agradecer também à minha família e amigos por todo o apoio que me deram nestes últimos anos, apoio esse que me ajudou a seguir em frente sem nunca desistir por mais difíceis que fossem as adversidades.

Especiais agradecimentos a todo o corpo docente, por exporem os seus saberes à nossa disponibilidade, que de uma forma geral, todos se mostraram disponíveis para colaborar e esclarecer o necessário de encontro com as necessidades dos discentes.

Índice

Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Estrutura da dissertação	2
Capítulo 2 – Enquadramento Teórico	1
2.1 Ruído.....	1
2.2 Iluminação	10
2.3 Qualidade do Ar.....	22
2.4 Conforto Térmico	28
2.5 Síndrome do Edifício Doente (SED)	36
Capítulo 3 - Metodologia.....	39
Capítulo 4 - Resultados	40
Capítulo 5 – Discussão de Resultados	57
Capítulo 6 – Conclusão.....	65
Referências Bibliográficas	67

Índice das Tabelas

Tabela 1 - Índice de Restituição de Cores (Ra) (ISO 8995-1, 2002)	12
Tabela 2- Valores de iluminância para cada tarefa e ramo de atividade (ISO 8995-1, 2002)	12
Tabela 3 - Iluminação adequada (ISO 8995-1, 2002).....	13
Tabela 4-Poluentes biológicos (APA, 2009).....	23
Tabela 5- Poluentes físico-químicos	23
Tabela 6 - Limiar de proteção e margem de tolerância para poluentes físico-químicos (Portaria n.º 138-G/2021, 2021)	24
Tabela 7 - Condições de referência para poluentes microbiológicos (Portaria n.º 138-G/2021, 2021)	24
Tabela 8 - Condições específicas para verificação da conformidade de fungos com base na perigosidade das diferentes espécies (Portaria n.º 138-G/2021, 2021)	25
Tabela 9 - Parâmetros recomendáveis de ambiente térmico (Freitas, 2022)	35
Tabela 10- Sintomas da Síndrome do Edifício Doente (Atkins, 1996).	37
Tabela 11 - Quadro resumo dos artigos.....	41

Índice das Figuras

Figura 1- Som grave (baixa frequência) Adaptado de (Susana Branco, 2017).....	2
Figura 2- Som agudo (alta frequência) Adaptado de (Susana Branco, 2017).	2
Figura 3- Amplitude (representada pela cor rosa) Adaptado de (Susana Branco, 2017).	3
Figura 4- Comprimento de onda (representado a vermelho) Adaptado de (Susana Branco, 2017).	3
Figura 5- Espectro Sonoro Adaptado de (Susana Branco, 2017).	4
Figura 6 - Ruído Contínuo Adaptado de (Nunes, 2010).	4
Figura 7 – Ruído Impulsivo Adaptado de (Nunes, 2010).....	5
Figura 8 - Ruído Flutuante Adaptado de (Nunes, 2010).....	5
Figura 9 – Sistema Auditivo Adaptado de (Miguel, 1998).....	6
Figura 10 – Sonómetro Adaptado de (M. Silva, 2017a).....	9
Figura 11 - Grandezas fotométricas Adaptado de (M. Silva, 2017b)	12
Figura 12 - Representação sistemática das regiões do campo visual. Adaptado de (M. Silva, 2017b).....	13
Figura 13 - Espectro eletromagnético. Adaptado de (M. Silva, 2017b)	14
Figura 14 - Tipos de luminárias. Adaptado de (M. Silva, 2017b).....	14
Figura 15 - Lâmpadas de incandescência. Adaptado de (M. Silva, 2017b)	16
Figura 16 - Lâmpadas Fluorescentes. Adaptado de (M. Silva, 2017b)	16
Figura 17 - Tonalidade das cores e respetivas temperaturas. Adaptado de (M. Silva, 2017b)	17
Figura 18 - Lâmpada de Halogénio. Adaptado de (M. Silva, 2017b)	18
Figura 19 - Lâmpada de vapor de mercúrio. Adaptado de (M. Silva, 2017b).....	18
Figura 20 - Lâmpada LED Adaptado de (M. Silva, 2017b)	20
Figura 21 – Luxímetro. Adaptado de (M. Silva, 2017b)	20
Figura 22 - Medidor de monóxido de carbono (CO) Adaptado de (Melo, 2021).	25
Figura 23 - Medidor de compostos orgânicos voláteis (COV's) Adaptado de (Melo, 2021).	26
Figura 24 - Monitor de partículas em suspensão Adaptado de (Melo, 2021).....	26
Figura 25 - Instrumento de medição de ozono (O ₃) Adaptado de (Melo, 2021).....	26
Figura 26 - Monitor de formaldeído (HCHO) Adaptado de (Melo, 2021).....	27
Figura 27 - Medidor de dióxido de carbono (CO ₂) Adaptado de (Melo, 2021).	27
Figura 28 - Amostrador microbiológico de ar (bactérias e fungos) Adaptado de (Melo, 2021).	27

Figura 29 - Trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente. Adaptado de (Amaral, 2008).	29
Figura 30 - Ventilação natural. Adaptado de (ADENE, 2016).....	32
Figura 31 - Ventilação mecânica. Adaptado de (ADENE, 2016)	33
Figura 32 - Termómetros de dilatação (1), Termómetros elétricos (2), Termomanómetros (3). Adaptado de (Melo, 2021).	34
Figura 33 - Anemómetro de rotação (1), Anemómetro térmico (2). Adaptado de (Melo, 2021).	34
Figura 34 - Psicómetro de aspiração (1), Psicómetro rotativo (2), Higrómetro (3). Adaptado de (Melo, 2021).	35
Figura 35 - Termómetro de globo. Adaptado de (Melo, 2021),.....	35
Figura 36 - Processo de seleção de artigos	40
Figura 37 - Representação gráfica da distribuição temporal dos estudos recolhidos para a presente revisão.	55
Figura 38 - Representação gráfica da distribuição espacial dos estudos recolhidos para a presente revisão.	55
Figura 39 - Representação gráfica da distribuição dos parâmetros ambientais estudados dos estudos recolhidos para a presente revisão.	56

Lista de Abreviaturas

f – Frequência

v - Velocidade

A – Amplitude

λ – Comprimento de onda

T – Período

VLE – Valores Limite de Exposição

Ra – Índice de Restituição de Cores

QAI – Qualidade do Ar Interior

PM₁₀ – Matéria Particulada diâmetro 10 μm

PM_{2,5} – Matéria Particulada diâmetro 2,5 μm

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

WGBT – *Wet Globe Bulb Temperature*

PMV – *Predicted Mean Vote*

VME – Voto Médio Estimado

SED – Síndrome do Edifício Doente

DRE – Doenças Relacionadas com Edifícios

OMS – Organização Mundial da Saúde

Lista de Unidades de Medida

Hz – Hertz

kHz – Kiloherz

dB - Decibéis

Pa – Pascal

lx – lux

nm - nanómetro

°C – Graus centígrados

Resumo

A qualidade do ambiente interior tem sido alvo de uma maior preocupação extra, uma vez que as pessoas passam grande parte do seu tempo dentro do escritório. Os fatores que mais afetam a qualidade do ambiente interior em escritórios, assim como o bem-estar, o conforto, a saúde e a produtividade dos trabalhadores são: acústica, qualidade do ar, luminosidade, conforto térmico, qualidade da ventilação.

O principal foco deste trabalho é perceber, através de uma revisão sistemática da literatura, qual o impacto da qualidade do ambiente interior na produtividade dos trabalhadores em ambiente de escritório.

A metodologia utilizada tem como base uma revisão sistemática documental através da metodologia PRISMA *statement*® que consiste numa *checklist* com 27 itens e um fluxograma de quatro etapas.

Os resultados mostram que o ruído e o conforto térmico são os fatores ambientais que têm mais impacto na produtividade e que a iluminação e a qualidade do ar têm menos impacto na produtividade, no entanto esta não é afetada diretamente pelos fatores ambientais, mas sim pelos fatores individuais das pessoas (fadiga, cansaço, sonolência), ou seja, estas manifestações vão diminuir a motivação e a capacidade de contratação das pessoas, que posteriormente irá influenciar de forma negativa a produtividade dos trabalhadores.

Portanto, é importante a criação de medidas preventivas e/ou de proteção para mitigar o desenvolvimento da SED e por isso, de forma a melhorar a qualidade do ambiente interior.

Palavras-Chave: Qualidade ambiental interior, Produtividade, Escritórios, Trabalho, Síndrome do edifício doente.

Abstract

The quality of the indoor environment has become a major concern, as people spend a significant amount of time inside offices. The factors that most affect the indoor environment quality in offices, as well as the well-being, comfort, health, and productivity of workers, are acoustics, air quality, lighting, thermal comfort, and ventilation quality.

The focus of this study is to understand, through a systematic literature review, the impact of indoor environment quality on the productivity of workers in office settings. The methodology used is based on a systematic document review using the PRISMA statement®, which consists of a checklist with 27 items and a four-stage flowchart.

The results show that noise and thermal comfort are the environmental factors that have the greatest impact on productivity. On the other hand, lighting and air quality have less impact on productivity. However, productivity is not directly affected by environmental factors but rather by individual factors such as fatigue, tiredness, and drowsiness. These manifestations decrease motivation and the ability to concentrate, which subsequently negatively influences worker productivity.

Therefore, it is important to implement preventive and protective measures to mitigate the development of Sick Building Syndrome (SBS) and thus improve the quality of the indoor environment.

Keywords: *Indoor environmental quality, Productivity, Offices, Work, Sick Building Syndrome.*

Capítulo 1 - Introdução

A qualidade do ambiente interior tem sido alvo de uma maior preocupação extra, uma vez que as pessoas passam grande parte do seu tempo dentro do escritório (Tharim, 2018). Os fatores que mais afetam a qualidade do ambiente interior em escritórios, assim como o bem-estar, o conforto, a saúde e a produtividade dos trabalhadores são: acústica, qualidade do ar, luminosidade, conforto térmico, qualidade da ventilação (Vilcekova & Budaiova, 2015).

Os inúmeros estudos experimentais demonstram que a permanente exposição a ruído pode contribuir para condições de intenso stress, e por sua vez, uma deficiente performance no trabalho (Evans & Johnson, 2000). Prevê-se ainda, o agravamento da exposição, uma vez que a exposição ocupacional está associada a uma ausência de doença instantânea (Kristiansen et al., 2009).

Na qualidade do ar interior, existe uma problemática associada aos sintomas inespecíficos relacionados ao edifício, que podem despertar a síndrome do edifício doente, atual problema na saúde ambiental e ocupacional. Por existir uma variedade na resposta do ser humano a este problema, torna-se complicada a caracterização desta doença. A variação da temperatura do ar e dos níveis de humidade são considerados fatores de stress ocupacional que tem impacto direto no trabalho (Azuma et al., 2017). A iluminação é um fator de risco de natureza física que pode desencadear a síndrome do edifício doente, nomeadamente dependente da qualidade luminosa, ou seja, a existência de iluminação natural, a orientação da luz e intensidade luminosa (Abdel-Hamid et al., 2013).

De acordo com as evidências existentes, a Organização Mundial da Saúde declarou a Síndrome do Edifício Doente como uma doença ocupacional transversal a todos os postos de trabalho em escritórios, caracterizada por sintomas como, irritação ocular ou nas vias respiratórias ou dérmicas, fadiga mental, náuseas ou tonturas ou dores de cabeça, hipersensibilidade não específica, entre outros (T. Clausen et al., 2009). A pertinência deste tema prende-se com o facto de a qualidade do ambiente interior ter um impacto significativo na produtividade e na saúde dos trabalhadores, os quais estão dependentes da tipologia de escritório (Kang et al., 2017). O principal problema que os trabalhadores enfrentam enquanto utilizadores de escritórios estão relacionados com fatores de risco de natureza física (como ruído e a luminosidade) muitas vezes provocando uma sensação de fadiga e sonolência (Teknologi et al.,

2015). Desta forma, é importante encontrar soluções ou medidas corretivas e/ou preventivas para tornar os escritórios em locais de trabalho mais saudáveis e seguros.

1.1 Objetivos

O principal foco deste trabalho é perceber, através de uma revisão sistemática da literatura, qual o impacto da qualidade do ambiente interior na produtividade dos trabalhadores em ambiente de escritório.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Identificar os fatores ambientais que têm mais impacto na qualidade do ambiente interior;
- Identificar os fatores ambientais que mais influenciam a produtividade dos trabalhadores;
- Determinar que medidas são adotadas de forma a conseguir-se reduzir o impacto dos fatores ambientais na produtividade dos trabalhadores.

1.2 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em seis capítulos: no primeiro capítulo encontra-se a “Introdução”, no qual se expõe um enquadramento do documento, sendo definidos os objetivos do mesmo, bem como a sua estrutura.

No segundo capítulo, encontra-se o “Enquadramento Teórico”, onde são abordados os diversos temas relacionados, nomeadamente os fatores ambientais existentes em ambiente de escritório, assim como as diversas interações com a saúde humana.

No terceiro capítulo pode-se encontrar a “Metodologia”, descrevendo os métodos de recolha e seleção de artigos e informação para proceder a uma revisão sistemática da literatura, destacando as palavras-chave de referência.

No quarto capítulo temos os “Resultados”, procedendo à descrição dos dados obtidos dos diversos artigos resultantes da pesquisa e dos quais correspondiam à metodologia aplicada para utilização na revisão sistemática da literatura.

No quinto capítulo é apresentada a “Discussão de Resultados”, onde são discutidos os resultados obtidos anteriormente, bem como a devida interpretação e correlação entre os diferentes estudos.

No sexto capítulo temos a “Conclusão”, no qual por fim são apresentados os principais resultados e recomendações relativamente à temática em questão.

Capítulo 2 – Enquadramento Teórico

2.1 Ruído

O ruído é um problema que afeta a qualidade de vida das pessoas. Ponderando as características do som, bem como a sua localização e duração, este pode passar a ser considerado como ruído. No entanto, a perceção do ruído varia de pessoa para pessoa, tornando-o um conceito subjetivo e difícil de medir objetivamente o desconforto que causa. Em ambientes urbanos, o ruído proveniente dos transportes é uma das principais fontes de perturbação, mas atividades industriais e comerciais também podem contribuir para o problema em situações específicas. É importante encontrar soluções para reduzir os níveis ruído e preservar a qualidade de vida das comunidades (Agência Portuguesa do Ambiente, 2021).

O som é um fenómeno físico ondulatório, que consiste em vibrações de pressão sonora ao longo do tempo que se sucedem com regularidade e que o ouvido humano consegue detetar (Bueche & Hecht, 1997). É no fundo, um estímulo mecânico capaz de provocar uma sensação auditiva (Bueche & Hecht, 1997).

Para existir som é necessário (Bueche & Hecht, 1997):

- Variação de pressão;
- Meio elástico que possibilite a propagação de pressão;
- Velocidade de propagação da pressão no meio.

Propriedades Físicas do Som

Potência Sonora: é a quantidade de energia sonora produzida por unidade de tempo (Bueche & Hecht, 1997).

Intensidade Sonora: fluxo de energia numa determinada direção (Bueche & Hecht, 1997).

Frequência (f): Corresponde ao número de oscilações por unidade de tempo, em unidades de s^{-1} ou Hz. (ciclos por segundo) (Bueche & Hecht, 1997).

Um som grave é aquele que possui uma frequência mais baixa (Bueche & Hecht, 1997).

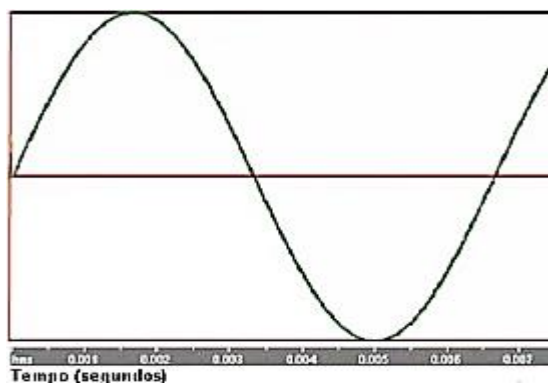


Figura 1- Som grave (baixa frequência) Adaptado de (Susana Branco, 2017).

Enquanto um som agudo é aquele que possui uma frequência mais alta (Bueche & Hecht, 1997).

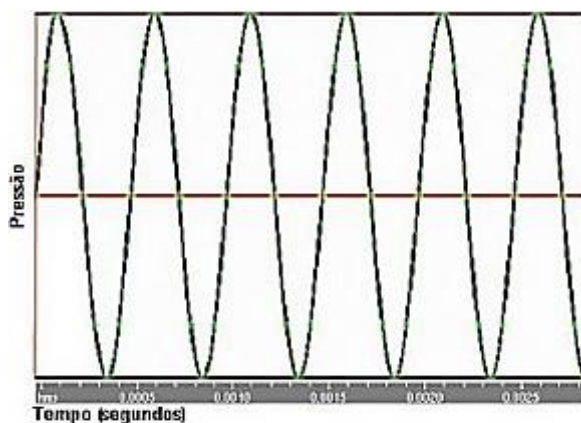


Figura 2- Som agudo (alta frequência) Adaptado de (Susana Branco, 2017).

Pelo que, deve ser considerada a frequência tendo em conta a velocidade com que as vibrações ocorrem por segundo, expressam-se em hertz (Macedo, 2006).

$$f = \frac{1}{T}$$

(Equação A)

A frequência pode também ser influenciada pela velocidade (expressa em metro por segundo) ($m \cdot s^{-1}$) em função do comprimento de onda mecânica (m) representado pela letra grega lambda (λ) (Bueche & Hecht, 1997).

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

(Equação B)

Amplitude (A): Corresponde ao valor máximo da perturbação a que um ponto da onda sonora se desloca relativamente à posição de equilíbrio (Bueche & Hecht, 1997).

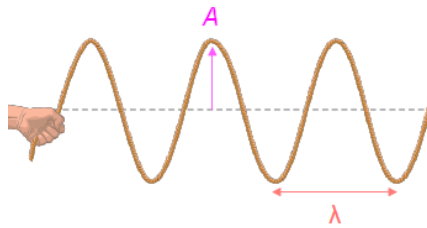


Figura 3- Amplitude (representada pela cor rosa) Adaptado de (Susana Branco, 2017).

Comprimento de Onda (λ): Corresponde à distância a que se encontram dois pontos consecutivos e que sofrem igual perturbação (Bueche & Hecht, 1997).

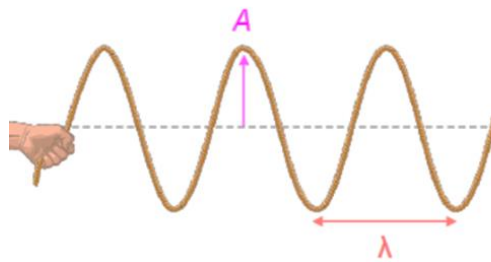


Figura 4- Comprimento de onda (representado a vermelho) Adaptado de (Susana Branco, 2017).

Período (T): Corresponde ao tempo necessário para uma oscilação (2π radianos) (Bueche & Hecht, 1997).

Gama Audível: Nem todos os sons são perceptíveis pelo ouvido humano, e desse modo, o ouvido humano só consegue ouvir sons com frequência entre **20 Hz** e os **20KHz** (Bueche & Hecht, 1997). As frequências inferiores a 20 Hz chamam-se **infrasons** e as frequências superiores a 20 KHz chamam-se **ultrasons** (Bueche & Hecht, 1997).

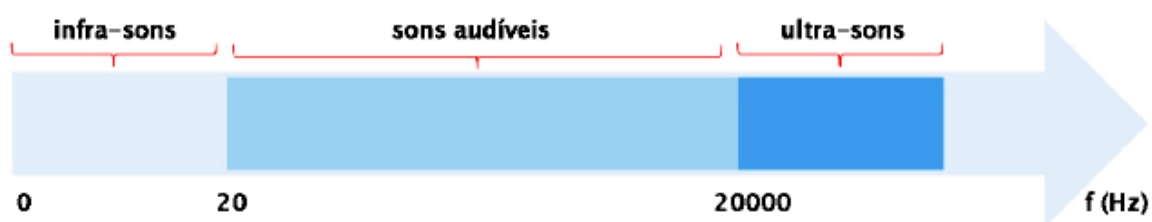


Figura 5- Espectro Sonoro Adaptado de (Susana Branco, 2017).

Nas baixas frequências as partículas vibram mais devagar o que vai originar os sons mais graves. Nas mais altas frequências, as partículas deslocam-se no ar com maior velocidade o que vai originar os sons mais agudos (Macedo, 2006).

A gama audível é dividida em 10 grupos de frequências designadas por oitavas (Miguel, 1998).

Importa por isto, definir totalmente um som, determinando o som nos vários níveis sonoros de todas as frequências (Macedo, 2006).

As frequências centrais são as seguintes: 31Hz; 63Hz; 125Hz; 250Hz; 500Hz; 1000Hz; 2000Hz; 4000Hz; 8000Hz; 16000Hz (Miguel, 1998).

O ruído pode também ser classificado de acordo com a sua variação temporal. O ruído contínuo tem uma variação de níveis desprezíveis, com pequenas flutuações inferiores a 3 dB (Nunes, 2010). Este tipo de ruído é o que habitualmente encontramos em zona de trabalho de escritório.



Figura 6 - Ruído Contínuo Adaptado de (Nunes, 2010).

O ruído intermitente, é um ruído constante que começa e para alternativamente, cujo nível de variação tem valor relevante, superior a 3 dB. O ruído de impacto ou impulso, apresenta-se em picos com duração inferior a um segundo e separado por intervalo superior a 0,2 segundos (Nunes, 2010). Este tipo de ruído pode ser encontrado em momentos de trabalhos com utilização de martelo.



Figura 7 – Ruído Impulsivo Adaptado de (Nunes, 2010).

Outro estudo introduz o conceito de ruído flutuante, que se apresenta com variação em largas proporções, mas possui um valor médio constante num longo período (Macedo, 2006). Este ruído pode ser encontrado em zonas de trabalho industrial, no qual é possível encontrar-se oscilações elevadas de níveis de ruído.



Figura 8 - Ruído Flutuante Adaptado de (Nunes, 2010).

Ouvido Humano

O ouvido humano é constituído por três partes, o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno (Miguel, 1998). O órgão da audição humano funciona como um transdutor, dado que transforma as ondas de pressão sonora em sinais eletroquímicos (Miguel, 1998). Esta transmissão processa-se em duas fases. Na primeira fase, existe a transformação de energia acústica em energia mecânica e esta transformação ocorre no ouvido externo e no ouvido médio. Na segunda fase, existe a transformação da energia mecânica em impulsos nervosos transmitidos ao cérebro, que ocorre no ouvido interno (Miguel, 1998).

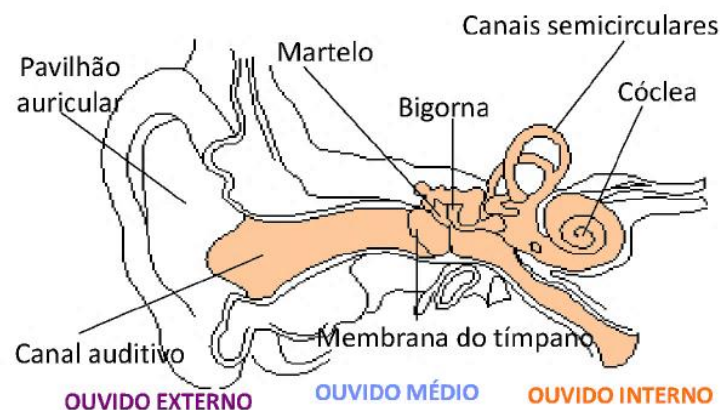


Figura 9 – Sistema Auditivo Adaptado de (Miguel, 1998).

O ouvido externo é caracterizado como sendo constituído pelo pavilhão auricular e pelo canal auditivo externo. O ouvido médio estabelece a ligação orgânica entre o ouvido externo e o ouvido interno. Este é constituído pela membrana do tímpano e pela cavidade do ouvido médio, (Miguel, 1998). É o ouvido médio que contém dois músculos que atuam no martelo e no estribo, reagindo a níveis sonoros elevados. Esta funcionalidade reduz a amplitude do movimento dos ossículos, diminuindo a intensidade sonora transmitida ao ouvido interno (Miguel, 1998). A última e terceira parte do ouvido, é o ouvido interno que se encontra encerrado numa cápsula óssea cujo nome se dá por labirinto ósseo, este interliga-se com o ouvido médio (Miguel, 1998).

O ouvido interno é um sistema constituído por canais alagados por um líquido. O ouvido interno é dividido em dois processos, por uma forma a cóclea ou caracol que é um órgão de audição especializado de receção de sons, por outra forma os órgãos de equilíbrio (Miguel, 1998). É também no ouvido interno que estão situadas as células sensoriais designadas por células ciliadas, é precisamente quando estas células se danificam que deixa de funcionar o sensor, pelo que se reflete a surdez (Miguel, 1998).

Som VS Ruído

A principal diferença entre o som e o ruído é que o primeiro é um estímulo mecânico capaz de provocar sensação auditiva e o segundo é qualquer som desagradável e indesejável que pode colocar em risco a capacidade auditiva (M. Silva, 2017a).

Os termos legais para a existência de ruído ambiente estão previstos nos pressupostos da norma **NP ISO 1996** que compõe o Regulamento Geral do Ruído (RGR) transpostos para o **Decreto-lei nº9/2007** e pelo **Decreto-lei nº182/2006**.

A exposição ao ruído pode causar diversas perturbações da audição (M. Silva, 2017a). A exposição de curta duração e pressão sonora extremamente elevada pode causar lesões auditivas imediatas (M. Silva, 2017a). A exposição a níveis sonoros elevados pode provocar zumbidos constantes nos ouvidos, também designados por acufenos ou tinnitus, que podem ser o primeiro sinal de que a audição está a ser afetada (M. Silva, 2017a).

A perturbação da audição é provocada pela pressão sonora que corresponde à intensidade das vibrações sonoras que incide no ouvido e exprime-se em newton por metro quadrado (N/m²) que é equivalente a pascal (Pa) (Miguel, 1998).

Medição e Cálculo do Nível Sonoro

A medição efetuada aos trabalhadores é considerada pela exposição diária ao ruído, $L_{EX,8h}$, o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas (T_0), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluído o ruído impulso, expresso em dB(A), dado pela expressão (M. Silva, 2017a):

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \text{ Log} \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \quad (\text{Equação C})$$

Em que (M. Silva, 2017a):

$$L_{Aeq,Te} = 10 \text{ Log} \left\{ \frac{1}{T_0} \int_0^{T_e} \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\} \quad (\text{Equação D})$$

Deve também ser medida a exposição pessoal diária efetiva, $L_{EX,8h,efect}$, tendo em conta a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB(A), calculada pela expressão (M. Silva, 2017a):

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \text{ Log} \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1L_{Aeq,TK,efect})} \right] \quad (\text{Equação E})$$

Também deve ser medida a média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído, com uma duração de referência de quarenta horas, obtida pela expressão (M. Silva, 2017a)

$$L_{EX,8h} = 10 \text{ Log } \left[(1/5) \sum_{k=1}^m 10^{(0,1L_{EX,8h})_k} \right] \quad (\text{Equação F})$$

O nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A de um ruído num intervalo de tempo T , é o nível sonoro, expresso em $\text{dB}(A)$, obtido pela expressão (M. Silva, 2017a):

$$L_{Aeq,T} = 10 \text{ Log } \left\{ \frac{1}{T_e} \int_1^2 \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\} \quad (\text{Equação G})$$

O nível de pressão sonora de pico, o valor máximo de pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em $\text{dB}(C)$, dado pela expressão (M. Silva, 2017a):

$$L_{Cpico} = 10 \text{ Log } \left(\frac{P_{Cpico}}{P_0} \right)^2 \quad (\text{Equação H})$$

Tomando estes cálculos como referência legal para aferir os níveis sonoros de exposição ao ruído pelo trabalhador, temos assim de definir a barreira limite dos valores atingíveis (M. Silva, 2017a).

Os valores limite ao nível de exposição diária, semanal ou o nível da pressão sonora de pico, no que se refere a exposição pessoal, não deve ser ultrapassado, sendo que (M. Silva, 2017a):

Exposição pessoal diária ao ruído ($L_{EX,8h}$) – é o nível sonoro total, ponderado e calculado para um período normal de trabalho de oito horas;

Nível de pressão sonora de pico (L_{Cpico}) – é o valor máximo de pressão sonora instantânea;

Valores de ação superior e inferior – são os níveis de exposição pessoal diária ($L_{EX,8h}$) ou níveis de pressão sonora de pico (L_{Cpico}) que, no caso de serem ultrapassados, implicam a tomada de medidas preventivas adequadas;

Valores limite de exposição (VLE) – é o nível de exposição pessoal diária ($L_{EX,8h}$) ou nível de pressão sonora de pico (L_{Cpico}) que não deve ser ultrapassado.

Os valores limite de exposição estipulados pela legislação portuguesa são (M. Silva, 2017a):

- VLE: $L_{EX,8h} = 87 \text{ dB}(A)$ e $L_{Cpico} = 140 \text{ dB}(C)$ equivalente a 200 Pa;
- VLE: $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB}(A)$ e $L_{Cpico} = 137 \text{ dB}(C)$ equivalente a 140 Pa;
- VLE: $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB}(A)$ e $L_{Cpico} = 135 \text{ dB}(C)$ equivalente a 112 Pa.

O equipamento utilizado para a medição e avaliação do ruído é o sonómetro (M. Silva, 2017a).



Figura 10 – Sonómetro Adaptado de (M. Silva, 2017a)

Efeitos do Ruído na Saúde

Desde que começaram a surgir novas configurações de espaços de trabalho para escritórios nas últimas décadas, o conforto acústico dos trabalhadores sempre foi uma preocupação importante. Recentemente, layouts flexíveis, como escritórios de plano aberto ou locais de trabalho baseados em atividades, ganharam impulso em muitas empresas. No entanto, isso frequentemente resultou num aumento da pressão no conforto dos ocupantes, o que por sua vez levou a um aumento do desconforto e a uma diminuição da produtividade. O ruído é frequentemente relatado como uma das razões mais frequentes de queixas em ambientes de escritórios de plano aberto, pois provoca interrupção das tarefas, perda de concentração, irritação e diminuição do nível de produtividade dos funcionários. Este tema é regulamentado em diversos documentos legais em termos de acústica das salas e requisitos de isolamento sonoro que os escritórios open-space devem obedecer. Isso levou a comunidade internacional de investigadores e profissionais a trabalhar em padrões para medir as qualidades acústicas desses espaços (Lee & Aletta, 2019).

No entanto, ainda é difícil identificar diretrizes claramente estabelecidas para este tipo de espaços, que os profissionais possam utilizar na fase de planeamento e design. Isto pode estar relacionado com a falta de consciência por parte dos profissionais envolvidos no design arquitetónico sobre as implicações acústicas que as suas decisões podem gerar (Lee & Aletta, 2019).

O ruído é um dos fatores de risco ambientais para a interrupção do ciclo do corpo humano, e, ao considerar o ambiente de trabalho, ele influencia o desempenho dos trabalhadores devido ao stress e alterações de humor, assim como desencadeia ansiedade e transtorno bipolar. Está associado também a efeitos físicos, como perda de audição, rouquidão, fadiga e alterações na pressão arterial e no coração (Felipe Contin de Oliveira et al., 2023).

O tipo de disposição e design do edifício pode determinar a exposição real ao ruído e as fontes de ruído, embora ele possa ser produzido tanto em ambientes internos quanto externos. No entanto, ainda não está claro quais sons são considerados desagradáveis, e até mesmo qual é o mais desagradável, a ponto de causar consequências para a saúde e o bem-estar reconhecidas e percebidas pelos trabalhadores de escritório (Felipe Contin de Oliveira et al., 2023).

Os efeitos na saúde mais relacionados com o ruído são o stress, hipertensão, dores de cabeça ou eventualmente problemas neurológicos. Devido à necessidade de afastamento deste stressor, também existe associado um aumento da adoção de comportamentos de risco (tabaco, álcool, ingestão de medicamentos) como meio de contornar este fator de risco (M. Silva, 2017a).

2.2 Iluminação

A iluminação perfeita é aquela que é fornecida pela luz do sol (Cabral, 2001). No entanto, em algumas ocasiões, o seu uso é bastante limitado, sendo necessário depender completamente da iluminação artificial (Cabral, 2001). A qualidade da iluminação artificial num local de trabalho depende principalmente da sua adaptação ao tipo de atividade realizada, da ausência de riscos de ofuscamento, do posicionamento adequado das lâmpadas no ambiente e da uniformidade da cor da luz em relação às cores predominantes no local (Cabral, 2001).

A norma **DIN 5035 (Instituto Alemão da Normalização)** descreve detalhadamente os níveis de iluminação, mencionando exemplos de atividades. Por sua vez, a norma **ISO 8995:2006** apresenta gamas de iluminação para diferentes superfícies, tarefas ou atividades.

A norma EN 12464-1:2021 especifica os requisitos para soluções de iluminação para a maioria dos locais de trabalho interiores e as suas áreas associadas, em termos de quantidade e qualidade de iluminação.

Adaptação do Órgão da Visão

O olho pode adaptar-se à iluminação ambiente de duas formas (Cabral, 2001):

- Através da modificação reflexa da **abertura da pupila**;
- Através da **sensibilidade dos órgãos de receção da retina**.

Uma iluminação inadequada pode causar cansaço ou fadiga nos olhos, o que frequentemente leva a adotar posturas incorretas no trabalho, resultando em acidentes laborais. (Cabral, 2001).

Grandezas Fotométricas Fundamentais

Fluxo luminoso: É a quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa. Unidade: lúmen (lm) (Cabral, 2001).

Intensidade luminosa (I): É uma medida de fluxo luminoso emitido numa determinada direção. Unidade: candela (cd) (Cabral, 2001).

Iluminância: É uma medida do fluxo luminoso incidente por unidade de superfície. A iluminância é medida por um aparelho chamado luxímetro, que é constituído por uma célula fotoelétrica. Unidade: lux (lx) (Cabral, 2001).

Luminância (L): É uma medida do brilho de uma superfície. Define-se como o quociente entre a intensidade luminosa emitida ou refletida numa determinada direção e a área projetada da fonte num plano perpendicular a essa direção. Unidade: cd/m² (Cabral, 2001).

Refletância (R): É a razão entre o fluxo luminoso refletido por um material e correspondente fluxo incidente. A grandeza deste coeficiente depende do poder refletor da superfície e é geralmente apresentada sob a forma de percentagem (Cabral, 2001).

Índice de Restituição de Cores (Ra): Efeito da radiação emitida pela fonte de luz sobre o aspeto cromático dos objetos que ilumina. Unidade: adimensional (Cabral, 2001).

Tabela 1 - Índice de Restituição de Cores (Ra) (ISO 8995-1, 2002)

Grupo	Ra	Aplicações
1A	>90	Discriminação de cores, exames médicos
1B	80-90	Oficinas, hospitais, áreas comerciais, escolas, indústrias da pintura, têxteis, gráficas
2A	60-80	Indústrias em geral, armazéns
2B	40-60	Indústrias pesadas
3	20-40	Zonas de circulação

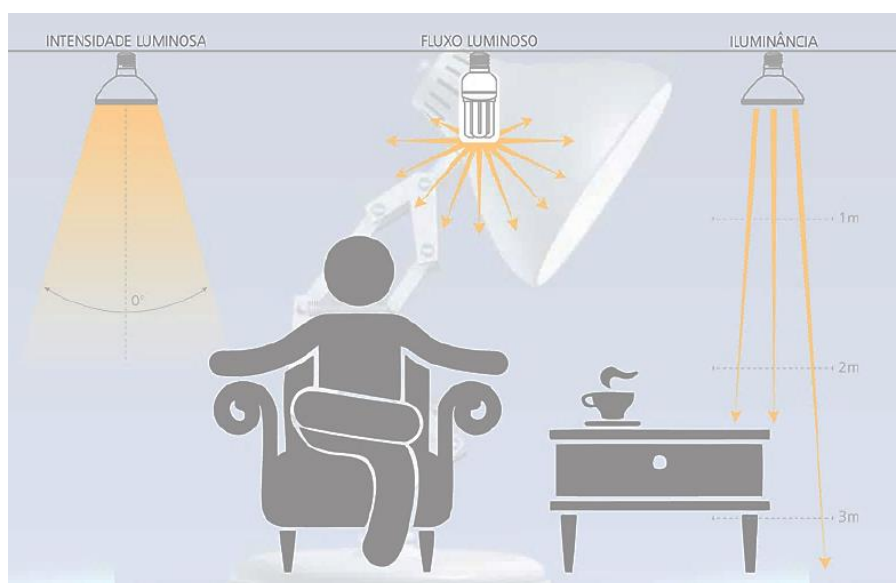


Figura 11 - Grandezas fotométricas Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Iluminação Adequada

Os valores recomendados sobre os níveis de iluminação, para diferentes ambientes e tarefas, oscilam entre 150 e 2000 lx (ISO 8995-1, 2002).

Tabela 2- Valores de iluminância para cada tarefa e ramo de atividade (ISO 8995-1, 2002)

Valores de iluminância para cada tarefa e ramo de atividade	
Mínimo	Para locais de trabalho onde não se realizam atividades: 100 a 150 lx
Classe I	Tarefas visuais simples, que não exigem grande esforço: 250 a 500 lx
Classe II	Observação contínua de detalhes médios e finos: 500 a 1000 lx
Classe III	Tarefas visuais contínuas e precisas: 1000 a 2000 lx
Classe IV	Trabalho visual muito preciso, exigindo grande esforço: acima de 2000 lx

Tabela 3 - Iluminação adequada (ISO 8995-1, 2002)

Tipo de interior, tarefa ou atividade	Iluminância (lux)	Ra
Áreas de circulação/corredores	100	40
Cantinas	200	80
Produção farmacêutica	500	80
Tarefas com computador	500	80
Salas de conferência	500	80
Salas de aula	300	80
Testes e afinações (oficinas)	1000	80
Salas de operações (hospital)	5000	90

A visão humana tem a capacidade de se adaptar a diferentes estímulos luminosos (Cabral, 2001). No entanto, se o estímulo não for adequado, ou seja, se os níveis de iluminação forem muito baixos para uma determinada tarefa, a visão irá desencadear mecanismos de defesa para se adaptar a essa situação (Cabral, 2001).

Processo de acomodação – Este processo é um fenômeno que resulta da focagem do cristalino, que vai diminuir de forma gradual com a idade, provocado pelo endurecimento progressivo do mesmo (Cabral, 2001). A acuidade visual vai-se tornando cada vez menor à medida que se aproxima da periferia da retina, onde apenas se distinguem objetos em movimento (Cabral, 2001).

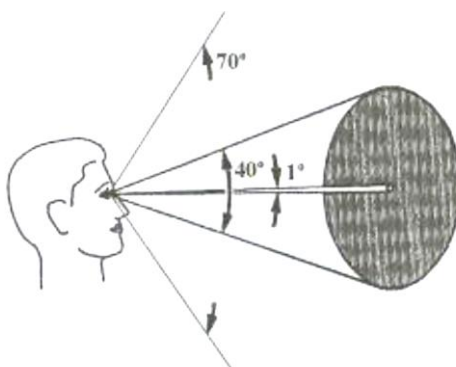


Figura 12 - Representação sistemática das regiões do campo visual. Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Fotometria

As radiações (eletromagnéticas) visíveis podem ser caracterizadas pela sua capacidade de estimular o sentido da visão numa banda de comprimento de onda relativamente reduzida, compreendida entre os 380 – 780 nm (Cabral, 2001).

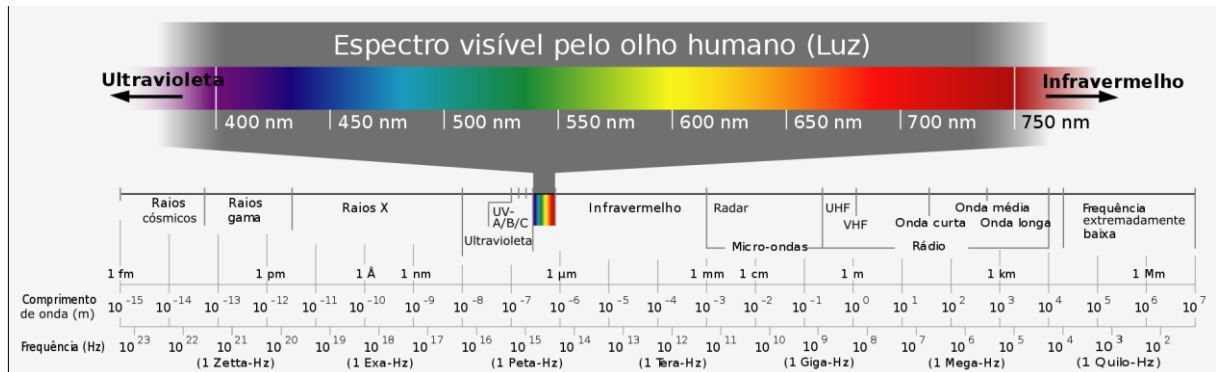


Figura 13 - Espectro eletromagnético. Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Luminárias

As luminárias são equipamentos que conseguem distribuir, filtrar/transformar a iluminação que provém de uma ou diversas lâmpadas, e onde também se incluem os acessórios necessários para a proteção e fixação das mesmas (Miguel, 2014).

No que diz respeito à forma como a luz é distribuída, as luminárias podem ser classificadas como sendo diretas, semidirectas, difusas, indirectas e semi-indirectas (Miguel, 2014).

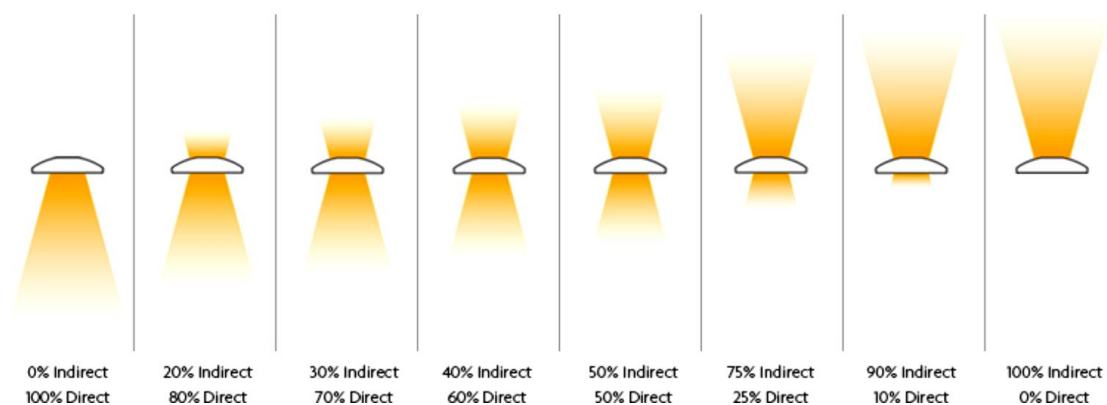


Figura 14 - Tipos de luminárias. Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Nas luminárias diretas, o fluxo luminoso vai incidir de forma direta sobre o plano de trabalho, de forma a produzir-se a menor dispersão possível (Miguel, 2014).

Este tipo de luminárias permitem um máximo aproveitamento da energia consumida. No entanto, originam zonas muito iluminadas e zonas de sombra em redor das anteriores, o que pode provocar zonas de encadeamento (Miguel, 2014).

Nas luminárias indiretas, estas proporcionam um nível de iluminação agradável, com ausência de encadeamento. Esta iluminação é alcançada por meio da reflexão total da luz nas paredes e no teto, o que requer a manutenção adequada da pintura das paredes. Além disso, é importante que as paredes sejam de um material adequado para maximizar a reflexão da luz. (Miguel, 2014).

Tipos de Lâmpadas

Alguns estudos reforçam a ideia que é importante garantir as melhores condições de iluminação nos postos de trabalho. Uma das quais passa pela uniformidade dos tipos de lâmpadas existentes, de forma que as condições permitam uma maior eficiência energética, bem como um maior foco e atenção no trabalhador (Zalesinska et al., 2018).

Lâmpadas de Incandescência

A incandescência é um fenómeno que ocorre quando os materiais emitem luz ao atingirem uma certa temperatura. Essa temperatura é alcançada quando a corrente elétrica passa através do filamento da lâmpada, devido ao efeito de Joule (Miguel, 2014).

Este tipo de lâmpadas constitui o tipo de lâmpada mais antigo. A instalação destas lâmpadas é relativamente fácil, o seu custo é baixo e a restituição de cores dos objetos é muito boa, principalmente para as de maior comprimento de onda (Miguel, 2014).

Uma das desvantagens deste tipo de lâmpadas é que apresentam um rendimento luminoso baixo e possuem uma vida útil relativamente curta (Miguel, 2014).



Figura 15 - Lâmpadas de incandescência. Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são dispositivos de iluminação que operam por meio de descargas elétricas numa atmosfera de vapor de mercúrio a pressão reduzida, gerando luz por meio do fenômeno da fluorescência (Miguel, 2014).

Este fenômeno ocorre quando certas substâncias (conhecidas como luminescentes) são excitadas pela radiação ultravioleta proveniente do vapor de mercúrio em baixa pressão. Essas substâncias têm a capacidade de converter essa radiação invisível em radiação com comprimento de onda maior, tornando-a visível na gama do espectro luminoso (Miguel, 2014).

O rendimento luminoso das lâmpadas fluorescentes é superior ao das lâmpadas de incandescência, assim como o seu tempo de vida útil, no entanto, este é condicionado pelo número de arranques (Miguel, 2014). Dois aspectos importantes a considerar em relação a este tipo de lâmpadas são a tonalidade e capacidade de restituição de cores.



Figura 16 - Lâmpadas Fluorescentes. Adaptado de (M. Silva, 2017b)



Figura 18 - Lâmpada de Halogênio. Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Lâmpadas de Vapor de Mercúrio

Este tipo de lâmpadas possui um princípio de funcionamento semelhante ao das lâmpadas fluorescentes. Assim como uma lâmpada fluorescente de descarga de mercúrio em baixa pressão, ela gera principalmente radiação ultravioleta. No entanto, quando submetida a altas pressões de vapor, o espectro de emissão é modificado, resultando na emissão de várias gamas de cores e diferentes comprimentos de onda (Miguel, 2014).

Uma das vantagens destas lâmpadas é a sua eficiência, ou seja, a capacidade de converter a energia elétrica em luz de forma eficiente. Além disso, elas têm uma vida útil prolongada, o que significa que podem funcionar por um período mais longo em comparação com outras tecnologias de iluminação. Isso reduz a necessidade de substituição frequente das lâmpadas, resultando em menor custo e inconveniência para os utilizadores. (Miguel, 2014).



Figura 19 - Lâmpada de vapor de mercúrio. Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Lâmpadas LED

A lâmpada LED é um dispositivo eletrônico que gera luz ao mesmo tempo que consome pouca energia, pelo que apresenta uma vida útil mais longa e um menor impacto ambiental (Goldenergy, 2023)

Light Emitting Diodes (LED), em português, Díodos Emissores de Luz, é um componente eletrônico utilizado para transformar energia elétrica em energia luminosa. Esta é a tecnologia que uma lâmpada LED utiliza para iluminar um ambiente. De facto, esta lâmpada precisa de uma menor quantidade de potência para gerar a mesma luminosidade que uma lâmpada incandescente. Por isso possui um maior custo-benefício em relação às demais, além de muitas outras vantagens (Goldenergy, 2023).

Estas são as principais vantagens da lâmpada LED, que a tornam na melhor opção para os consumidores de todo o mundo (Goldenergy, 2023):

- Menor consumo energético para gerar a mesma iluminação que os outros tipos de lâmpadas.
- Maior durabilidade, sendo 25 vezes mais durável do que as lâmpadas incandescentes e 4 vezes mais do que as fluorescentes.
- Não emite raios infravermelhos e ultravioletas, o que oferece mais segurança para quem as utiliza.
- Versatilidade de tamanhos e modelos, o que lhe permite decorar um ambiente de forma diferenciada.

A popularidade das lâmpadas LED reflete a tendência mundial de se adotar um estilo de vida mais sustentável, o que condiz com as atuais necessidades do planeta. Nesse sentido, além dos benefícios apresentados ao consumidor, a lâmpada LED também apresenta vantagens ao ambiente. Ao contrário das fluorescentes, as lâmpadas LED não apresentam substâncias tóxicas e poluentes, como é o caso do mercúrio. Ou seja, é um produto ecologicamente correto, pelo que pode ser facilmente descartado, tanto em lixos comuns como nos coletores de lixos recicláveis (Goldenergy, 2023).



Figura 20 - Lâmpada LED Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Instrumentos de Medição

Para a medição da iluminância (ou nível de iluminação) utiliza-se um luxímetro, equipamento que reflete a quantidade de fluxo luminoso que um determinado elemento ou plano de trabalho recebem (Cabral, 2001). A unidade de medição é lx.



Figura 21 – Luxímetro. Adaptado de (M. Silva, 2017b)

Cálculo da Iluminação em Ambientes Interiores

O cálculo da iluminação em ambientes interiores é importante para se proceder ao correto dimensionamento do número de lâmpadas e luminárias necessárias para proporcionar um ambiente luminoso adequado às necessidades dos ocupantes (Cabral, 2001).

A iluminação média horizontal de ambientes de trabalho interiores é calculada em relação a um plano de referência (geralmente de 0,75m para a posição sentado e 0,85m para a posição de pé) (Cabral, 2001).

O fluxo total necessário para obter uma iluminância média (E) é dado pela seguinte expressão (Cabral, 2001):

$$O_t = \frac{E \times S}{nl} \times 1,25 \quad (\text{Equação I})$$

O_t – fluxo total necessário (m)

E – Iluminância média desejada (lx)

S – área do plano de trabalho (m²)

nl – rendimento luminoso da instalação

1,25 – Constante para correção da depreciação do fluxo luminoso por envelhecimento das lâmpadas e sujidade acumulada.

O rendimento luminoso (nl) é função do rendimento de utilização das luminárias (ni) e do rendimento do recinto (nR) (Cabral, 2001) .

$$n_l = n_i \times n_R \quad (\text{Equação J})$$

Um parâmetro importante para o cálculo do rendimento do recinto é o índice do recinto (K) cuja expressão é a seguinte (Cabral, 2001) :

$$K = \frac{c \times l}{h (c+l)} \quad (\text{Equação K})$$

c – Comprimento do recinto

l – Largura do recinto

h – Altura da fonte de luz em relação ao plano de trabalho

O número de luminárias necessário (N) é dado por (Cabral, 2001) :

$$K = \frac{O_t}{O_l \times N_l} \quad (\text{Equação L})$$

O_T – fluxo total

O_L – fluxo luminoso

N_L – é o número de lâmpadas por luminária

2.3 Qualidade do Ar

A qualidade do ar interior (QAI) é um fator decisivo para a saúde e produtividade dos trabalhadores de um espaço (M. G. da Silva, 2010). Segundo ANSI/ASHRAE 62.1 (2010) um ambiente interior com qualidade do ar aceitável ocorre caso “não apresente contaminantes em concentração potencialmente perigosa para a saúde, determinado por entidades competentes, e com a qual a maioria dos ocupantes expostos (80% ou mais) não expressem desagrado”. Todavia, somente o controlo da concentração dos poluentes não garante, por si só, a qualidade do ar interior. A diversidade das fontes e dos tipos de poluentes, como também a evolução dos parâmetros que afetam a perceção de conforto (temperatura do ar, humidade do ar, ruído e iluminação) e a gama de suscetibilidades das populações influenciam o conforto (ANSI, 2010).

Poluentes do Ar Interior

O **Decreto-Lei n.º 102/2010** estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo a **Diretiva n.º 2008/50/CE**, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Maio, e a **Diretiva n.º 2004/107/CE**, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Dezembro. O presente decreto-lei fixa os objetivos para a qualidade do ar ambiente tendo em conta as normas, as orientações e os programas da Organização Mundial da Saúde, destinados a evitar, prevenir ou reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

O **Decreto-Lei n.º 101-D/2020** estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de assegurar e promover a melhoria do respetivo desempenho energético através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação. O referido decreto-lei determina que todos os edifícios de comércio e serviços em funcionamento estão sujeitos a requisitos relacionados com a qualidade do ar interior, mediante o cumprimento de limiares de proteção e condições de referência.

A **Portaria n.º 138-G/2021** estabelece a avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios de comércio e serviços, e o seu registo e os respetivos limiares de proteção e condições de referência a adotar nos edifícios de comércio e serviços em funcionamento.

A degradação da qualidade do ar interior é consequência da presença de contaminantes oriundos de fontes exteriores, como o tráfego rodoviário, e interiores, como os materiais de construção do edifício (M. G. da Silva, 2010). A avaliação da QAI decorre pelo controlo de poluentes microbiológicos e físico-químicos descritos na Tabela 4 e Tabela 5, respetivamente.

Tabela 4-Poluentes biológicos (APA, 2009)

Poluente	Descrição
Bactérias e fungos	A proliferação de fungos e bactérias decorre da existência de condições essenciais para o seu desenvolvimento como a humidade do ar em excesso, ventilação reduzida, nutrientes, temperatura adequada e fontes de contaminação. A sua presença em espaços interiores é um fator de risco para a saúde desencadeando, por exemplo, reações alérgicas e infeções (ex. doença do legionário - <i>Legionella spp.</i>) (APA, 2009)

Tabela 5- Poluentes físico-químicos

Poluente	Descrição
PM ₁₀	Entram no sistema respiratório, passando pela primeira barreira protetora - nariz, e alcançam os pulmões, obstruindo-os. Para além de provocarem alergias, olhos secos, irritação da pele e nariz, tosse e espirros, estão associadas à existência de pó, microrganismos, fumo e fibras têxteis, sendo que a concentração balança com os hábitos e as atividades desenvolvidas nos espaços (APA, 2009)
PM _{2.5}	Provenientes de fumo de tabaco e pólenes, dado que são menos densas terão mais tempo de permanência em suspensão no ar e penetram facilmente no sistema respiratório (Carvalho, 2014)
Compostos orgânicos voláteis (COVs)	Abrangem todos os compostos químicos que contenham carbono e hidrogénio com ponto de ebulição entre os 50°C e 250°C. A concentração no ambiente é insignificante (inferior a 0,1mg/m ³), pelo que a concentração no interior provém, essencialmente, de fontes internas (como materiais de construção novos). Não são conhecidos os efeitos na saúde, porém associam-se a sintomas como odores desagradáveis e irritações para concentrações de 0,3 a 3 mg/m ³ e, para concentrações superiores, sintomas como aperto no peito e náuseas (APA, 2009).
Monóxido de carbono	Gás tóxico, porém, incolor e inodoro (APA, 2009). Resulta de processos de combustão incompletos decorrentes de queimadores a gás, fumo de tabaco e

(CO)	exaustão dos veículos a motor. A afinidade com a hemoglobina, em substituição do oxigênio, resulta em asfixia que, em concentrações altas (1374 mg/m ³), pode provocar a morte (CCOHS, 2004).
Formaldeído	Presente na atmosfera e, embora incolor, tem um odor característico que permite detetá-lo. Os materiais de construção do edifício emitem formaldeído, assim como tapetes, colas, adesivos, isolamentos, mobiliário e produtos de limpeza. O poluente desencadeia irritações dos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, problemas de concentração e memória, náuseas e falta de ar (APA, 2009).
Dióxido de carbono (CO ₂)	Inodoro e incolor, é um gás presente na atmosfera (683,8 mg/m ³) que, embora não seja tóxico, inibe a presença de oxigênio, provocando sonolência. No interior dos edifícios com ocupação a concentração de CO ₂ deve-se, essencialmente, ao CO ₂ metabólico (respiração) (APA, 2009).

Legislação nacional para poluentes do ar interior

Na Tabela 6 e na Tabela 7 são apresentados os limiares de proteção e condições de referência para poluentes físico-químicos e microbiológicos, respetivamente, presentes no interior dos edifícios.

Tabela 6 - Limiar de proteção e margem de tolerância para poluentes físico-químicos (Portaria n.º 138-G/2021, 2021)

Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos			
Poluentes	Unidade	Limiar de proteção	Margem de tolerância [%]
Partículas em suspensão (fração PM ₁₀)	[µg/m ³]	50	100
Partículas em suspensão (fração PM _{2,5})	[µg/m ³]	25	100
COV	[µg/m ³]	600	100
CO	[mg/m ³]	10	-
	[ppmv]	9	
CH ₂ O	[µg/m ³]	100	-
	[ppmv]	0,08	
CO ₂	[mg/m ³]	2250	30
	[ppmv]	1250	
Radão	[Bq/m ³]	300 i)	-

Tabela 7 - Condições de referência para poluentes microbiológicos (Portaria n.º 138-G/2021, 2021)

Condições de referência			
Poluentes	Matriz	Unidade	Condições de referência
Bactérias	Ar	[UFC/m ³]	Concentração de bactérias totais no interior inferior à concentração no exterior, acrescida de 350 UFC/m ³ .
Fungos	Ar	[UFC/m ³]	Concentração de fungos no interior inferior à detetada no exterior.

Tabela 8 - Condições específicas para verificação da conformidade de fungos com base na perigosidade das diferentes espécies (Portaria n.º 138-G/2021, 2021)

Condições específicas para verificação da conformidade de fungos com base na perigosidade das diferentes espécies		
Espécies		Condições específica de conformidade
Espécies comuns (excluindo as produtoras de toxinas)	<i>Cladosporium spp</i> <i>Penicillium spp</i> <i>Aspergillus spp</i> <i>Alternaria spp</i> <i>Eurotium spp</i> <i>Paecilomyces spp</i> <i>Wallemia spp.</i>	Mistura de espécies: concentração inferior ou igual a 500 UFC/m ³
Espécies pouco comuns	<i>Acremonium spp</i> <i>Chrysomyilia spp</i> <i>Tricothecium spp</i> <i>Curvularia spp</i> <i>Nigrospora spp</i>	Cada espécie: concentração inferior a 50 UFC/m ³ Misturas de espécies: concentração inferior a 150 UFC/m ³
Espécies patogénicas	<i>Cryptococcus neoformans</i> <i>Histoplasma capsulatum</i> <i>Blastomyces dermatitidis</i> <i>Coccidioides immitis</i> <i>Stachybotrys chartarum</i>	Ausência de toda e qualquer espécie
Espécies toxigénicas	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Aspergillus terreus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium culmorum</i> <i>Trichoderma viride</i>	Cada espécie: concentração inferior a 12 UFC/m ³ (várias colónias por cada placa)

Equipamentos de medição

- Medidor de monóxido de carbono:



Figura 22 - Medidor de monóxido de carbono (CO) Adaptado de (Melo, 2021).

- Medidor de compostos orgânicos voláteis:



Figura 23 - Medidor de compostos orgânicos voláteis (COV's) Adaptado de (Melo, 2021).

- Medidor de partículas em suspensão:



Figura 24 - Monitor de partículas em suspensão Adaptado de (Melo, 2021).

- Instrumento de medição de ozono:



Figura 25 - Instrumento de medição de ozono (O₃) Adaptado de (Melo, 2021).

- Monitor de formaldeído:



Figura 26 - Monitor de formaldeído (HCHO) Adaptado de (Melo, 2021).

- Medidor de dióxido de carbono:



Figura 27 - Medidor de dióxido de carbono (CO₂) Adaptado de (Melo, 2021).

- Amostrador microbiológico de ar por compactação:



Figura 28 - Amostrador microbiológico de ar (bactérias e fungos) Adaptado de (Melo, 2021).

2.4 Conforto Térmico

A qualidade de um edifício, seja ele residencial, de serviços ou industrial, revela-se não só pelos seus atributos físicos, mas também e, não menos importante, pela satisfação das exigências dos ocupantes que o vão utilizar. Esta satisfação permite aos indivíduos usufruírem corretamente do espaço a que se destina, proporcionando desta forma uma sensação de conforto (ANSI, 2004).

A perceção de conforto térmico é algo subjetivo e individual (Veiga et al., 2016) varia de pessoa para pessoa, uma vez que se relaciona com as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente circundante (Matos, 2014). Logo, quando se trata das condições ambientais para o conforto térmico de um grupo de pessoas, entende-se as condições que proporcionam bem-estar ao maior número possível de pessoas, mas não necessariamente a todas. Podendo então dizer-se que o conforto térmico depende de fatores que interferem no funcionamento do sistema termorregulador e o efeito combinado de todos esses fatores é que determina a sensação de conforto ou desconforto térmico (Carreira, 2017; Ruas, 1999) ou seja, um individuo está termicamente confortável quando não sente nem calor nem frio (Amaral, 2008).

A perceção de conforto térmico é afetada por processos de troca de calor entre o corpo humano e o ambiente (Amaral, 2008), que dependem de vários fatores ambientais e individuais, mais à frente identificados. Estas trocas de calor realizam-se através de processos físicos como a Condução, a Convecção, a Radiação e a Evaporação. (Ruas, 1999)

A Condução é um processo de troca de calor sensível entre a superfície do corpo e as superfícies em contato (Amaral, 2008).

A Convecção traduz uma troca de calor entre a superfície do corpo (pele e vestuário) e o ar ambiente (Amaral, 2008).

A Radiação, é o processo pelo qual existe uma troca de calor sensível entre a superfície do corpo (pele e vestuário) e as superfícies envolventes, como as paredes, envidraçados e aquecedores, ente outros (Carreira, 2017), devido às diferenças de temperatura respetivas (Amaral, 2008).

A Evaporação é um processo no qual existe uma troca de calor para o ambiente através da evaporação de água à superfície da pele (Amaral, 2008).

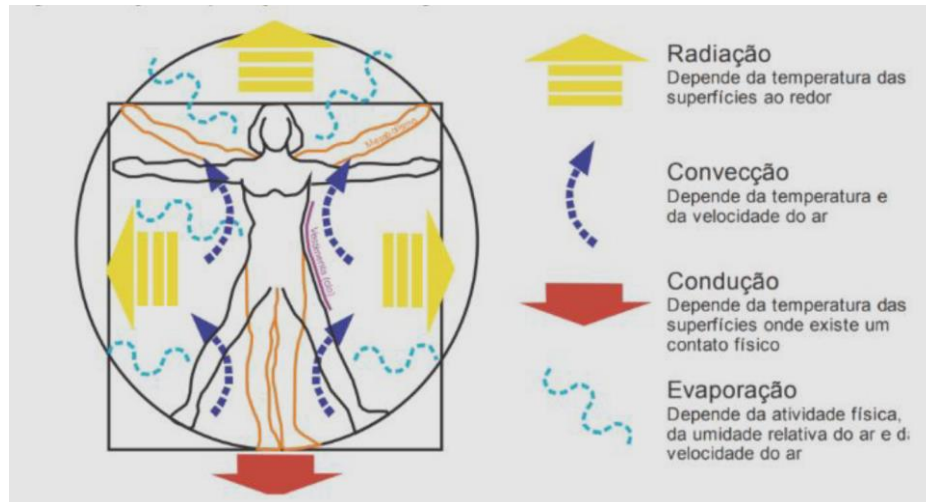


Figura 29 - Trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente. Adaptado de (Amaral, 2008).

O Conforto Térmico está relacionado com o equilíbrio térmico do corpo humano (Ruas, 1999). O ser humano é um ser homeotérmico, ou seja, dentro de certos limites, a sua temperatura corporal interna consegue manter-se constante independentemente da temperatura do ambiente exterior (Ruas, 1999). O Homem produz energia interna que é obtida através da transformação dos alimentos, esta é consumida na manutenção das funções fisiológicas vitais, na realização de atividade muscular e o restante é libertado na forma de calor. A produção de calor é contínua e aumenta diretamente com o exercício físico executado, por isso deverá haver uma permanente e imediata eliminação do excesso de calor produzido para que a temperatura do corpo possa ser mantida num nível constante (Ruas, 1999).

O equilíbrio térmico do corpo humano está diretamente relacionado com o sistema de termorregulação, cuja função é manter a temperatura interna corporal próxima dos 37°C (Veiga et al., 2016), isto é conseguido através do equilíbrio estável entre a quantidade de calor produzido e a quantidade de calor cedida para o ambiente, através da pele e da respiração (Carreira, 2017). O corpo humano é um sistema termodinâmico que gera calor e interage constantemente com o ambiente para manter o equilíbrio térmico necessário para a vida. Existindo, assim, uma constante troca de calor entre o corpo e o meio, regida pelas leis da física e influenciada por mecanismos de adaptação fisiológica, por condições ambientais e por fatores individuais (Ruas, 1999).

A sensação de conforto térmico está diretamente ligada ao esforço que o organismo faz para manter o equilíbrio térmico. O conforto e o equilíbrio térmico do corpo humano

estão interligados, uma vez que a sensação de bem-estar térmico depende da eficiência do sistema de regulação térmica do organismo para manter a temperatura adequada do equilíbrio térmico. Quanto mais o sistema de regulação térmica do corpo humano trabalhar para manter a temperatura interna adequada, maior será a sensação de desconforto. Isso ocorre porque o organismo precisa usar mais energia e recursos para alcançar e manter o equilíbrio térmico, o que pode resultar em desconforto físico e sensação de calor ou frio excessivos (Ruas, 1999). Logo, o conforto térmico depende de fatores que interferem no trabalho do sistema termorregulador, estes dividem-se em fatores ambientais e fatores individuais. Sendo, que os fatores ambientais são a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a humidade absoluta e a velocidade do ar, e os fatores individuais são a taxa metabólica por atividade e o nível de isolamento térmico do vestuário (Carreira, 2017).

Para o estudo do Conforto Térmico é necessário analisar os fatores que influenciam as trocas térmicas anteriormente referidas. Estes fatores determinam o ambiente térmico, sendo responsáveis pelo conforto ou desconforto térmico (Carreira, 2017), sendo eles de cariz ambiental e individual.

A Temperatura do Ar é a temperatura do fluido que circula em torno de um indivíduo e que determina a quantidade de fluxo de calor entre este e o ar, expressando-se em graus centígrados (°C) (Carreira, 2017; Martins, 2011). Afetando a perda de calor que se dissipa através de convecção e evaporação (DRYVIT, 2007; Roaf, 1992). Indicando, assim, o grau de calor do corpo (Esteves, 2012).

A Temperatura Radiante Média é a temperatura média que irradia de todas as superfícies do meio envolvente próximo do indivíduo (Taylor, 2018). Exprimindo-se em graus centígrados (°C) (Carreira, 2017; Martins, 2011).

A Humidade Relativa é a percentagem de vapor de água no ar ambiente, em relação à quantidade máxima de água em vapor contida no ar à mesma pressão e temperatura (Taylor, 2018). Intervindo na determinação das trocas de calor por evaporação (Carreira, 2017). Em ambientes quentes, a humidade é um fator muito importante porque quanto menos é a quantidade de suor evaporado, maior é a hidratação da pele, constituindo um dos principais métodos de redução do calor (Taylor, 2018).

A Velocidade do Ar consiste na velocidade de circulação do ar interior de um edifício (Esteves, 2012), sendo este provido pelo sistema de climatização. Intervém, ainda, na

determinação das trocas de calor por convecção e evaporação (Carreira, 2017). Exprimindo-se em metros por segundo (m/s).

Já os fatores individuais abrangem a Taxa Metabólica por Atividade e o Nível de Isolamento Térmico do Vestuário.

A Taxa Metabólica por Atividade está diretamente relacionada com o metabolismo do indivíduo, este corresponde à taxa de utilização de energia pelo corpo humano, sendo que existem dois tipos diferentes de metabolismo, o metabolismo basal e o metabolismo de atividade. O metabolismo basal corresponde à taxa de utilização de energia durante o repouso, já o metabolismo de atividade está diretamente relacionado com o esforço físico. O impacto da taxa metabólica de cada indivíduo no conforto térmico é algo essencial ao seu estudo, já que quanto maior for o trabalho físico realizado, maior é o calor produzido, havendo, então, uma maior necessidade de uma perda de calor mais elevada (Taylor, 2018). O nível de atividade é medido pela taxa metabólica e é expresso em unidades de potência por área, como W/m^2 ou met (Carreira, 2017).

O Nível de Isolamento Térmico do Vestuário é um importante fator, já que o vestuário se comporta como uma barreira física entre a pele e o ambiente (Carreira, 2017), sendo considerado um fator isolante, ou seja, uma resistência térmica que dificulta as trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente (Amaral, 2008). O vestuário é uma das principais causas de desconforto térmico, comportando-se como um controlo aquando da adaptação ao clima do ambiente em redor (Taylor, 2018). A unidade de isolamento térmico da roupa (clo) expressa-se em $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ou clo (Carreira, 2017).

Ventilação

O Ambiente Térmico pode ser controlado através da aplicação de medidas construtivas, organizacionais e de proteção individual (Pinheiro, 2011).

Quanto às Medidas Construtivas, deverá implementar-se (Carreira, 2017): ventilação geral e climatização; proteção das superfícies estruturais e envidraçadas; e, ecrãs de proteção ao calor radiante.

Nas Medidas Organizacionais, de existir (Carreira, 2017): controlo / redução do tempo de exposição, através de pausas; diminuição de tarefas que requerem esforço físico; rotatividade de postos de trabalho; diminuição do número de trabalhadores expostos,

através da compartimentação entre zonas; e, disponibilização de bebidas / líquidos nos postos de trabalho.

Quanto às medidas individuais, é necessário existir a aclimação ao calor, cuja definição é adaptação do organismo ao ambiente térmico no ambiente, tratando-se de um processo rápido, a higiene alimentar e o uso de equipamentos de proteção individual, sobretudo vestuário de proteção com capacidade de resistência térmica adequada às condições locais (Carreira, 2017).

Tal como referido anteriormente, uma das medidas construtivas quanto ao controlo do ambiente térmico é a ventilação. A Ventilação é um processo de renovação do ar interior por ar exterior, de uma forma controlada (ADENE, 2016). Existindo três tipos diferentes de ventilação, a Ventilação Natural, a Ventilação Mecânica e a Ventilação Mista.

A Ventilação Natural envolve a renovação do ar através de fenómenos naturais (como a diferença de temperatura e a ação do vento), que garantem de maneira controlada o movimento do ar entre as aberturas destinadas à entrada de ar exterior (janelas e grelhas) e as aberturas de extração de ar (chaminés) (ADENE, 2016).

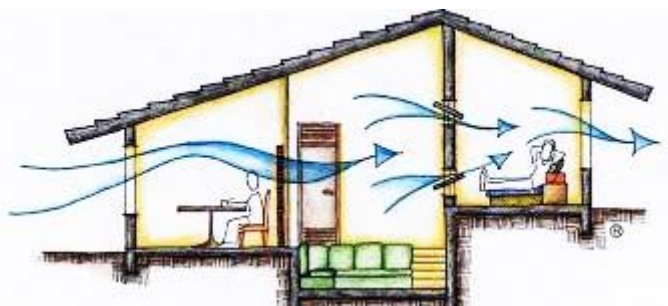


Figura 30 - Ventilação natural. Adaptado de (ADENE, 2016)

A Ventilação Mecânica é caracterizada pela renovação de ar promovida por ventiladores mecânicos, que asseguram de uma forma controlada e continuada o escoamento do ar entre aberturas de admissão de ar exterior e as aberturas de extração de ar estão conectados a dutos. Existem sistemas que possuem tanto a insuflação quanto a extração mecânica, assim como sistemas que utilizam apenas ventiladores de extração (ADENE, 2016).

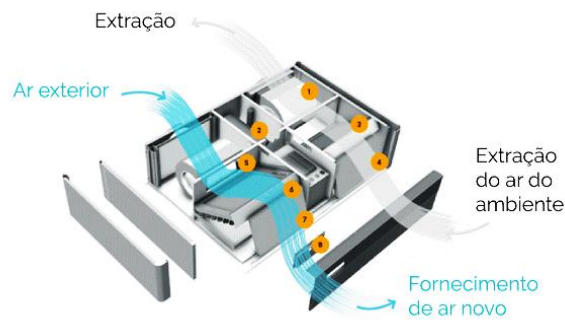


Figura 31 - Ventilação mecânica. Adaptado de (ADENE, 2016)

A Ventilação Mista consiste em combinar os dois tipos de ventilação, natural e mecânica, e é caracterizada pela utilização de exaustores individuais (ventoinhas, exaustores de casa de banho) ligados a condutas individuais. (ADENE, 2016)

Uma ventilação deficiente pode desencadear diversas consequências, entre as quais (ADENE, 2016):

- A obstrução da circulação de ar no interior e a promoção do desenvolvimento de humidade e bolores nocivos;
- Uma ventilação insuficiente não garante a remoção adequada dos poluentes presentes no interior do edifício;
- Uma ventilação deficiente pode também resultar em problemas na estrutura da habitação, reduzindo sua vida útil;
- A falta de ventilação adequada nos espaços pode contribuir para perdas térmicas que representam aproximadamente 50% do total na fração.

Avaliação do Conforto Térmico

O ambiente térmico pode ser determinado pela temperatura, humidade, calor radiante e velocidade do ar. De acordo com estas variáveis, existem diversos indicadores do ambiente térmico (Fanger, 1973; Freitas, 2022; ISO, 2005):

- **Índice WGBT** (*Wet Globe Bulb Temperature*) – indicador utilizado para calcular o stress térmico, que combina a temperatura natural do bolbo húmido, a temperatura do globo e, no caso de exposição solar interior, a temperatura do ar aplicável a ambientes industriais quentes ($WGBT = 0,7 T_h + 0,3 T_g$, sendo T_h a temperatura do bolbo húmido e T_g a temperatura de globo);

- **Índice PMV** (*Predicted Mean Vote*) – indicador de conforto que exprime o Voto Médio Previsível de um grupo considerável de pessoas expostas, no que diz respeito a sensação térmica. Este índice baseia-se no balanço térmico do corpo humano (produção interna de calor igual à perda de calor para o ambiente).
- **Índice VME** (Voto Médio Estimado) - é um índice que prevê um valor médio de sensação térmica de um grande grupo de pessoas, segundo a escala de 7 pontos, estratificando por aqueles que sofrem de desconforto devido a temperaturas elevadas ou baixas (Rocha et al., 2020).

Instrumentos de Medição

Em ordem para se proceder à medição das variáveis mais relevantes, são utilizados os seguintes equipamentos (Melo, 2021):

- Temperatura do ar: termómetros;



Figura 32 - Termómetros de dilatação (1), Termómetros elétricos (2), Termomanómetros (3). Adaptado de (Melo, 2021).



Figura 33 - Anemómetro de rotação (1), Anemómetro térmico (2). Adaptado de (Melo, 2021).

- Umidade do ar: higrómetro ou psicómetro de rotação ou de aspiração;



Figura 34 - Psicómetro de aspiração (1), Psicómetro rotativo (2), Higrómetro (3). Adaptado de (Melo, 2021).

- Calor radiante: termómetro de globo;

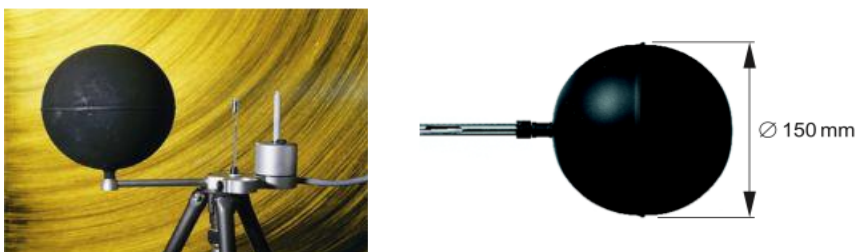


Figura 35 - Termómetro de globo. Adaptado de (Melo, 2021),

- Atividade física: tabelas de produção de calor, de acordo com o tipo de atividade realizada.

Tabela 9 - Parâmetros recomendáveis de ambiente térmico (Freitas, 2022)

Tipo de Atividade	Temperatura ambiente (°C)			Humidade relativa (%)			Velocidade do ar (m/s)
	Min.	Ópt.	Máx.	Min.	Ópt.	Máx.	Máx.
Administrativa	20	22	24	40	50	70	0,1
Trabalho manual ligeiro, sentado	18	20	24	40	50'	70	0,1
Trabalho ligeiro em pé	17	18	22	40	50	70	0,2
Trabalho pesado	15	17	21	30	50	70	0,4
Trabalho muito pesado	14	16	20	30	50	70	0,5
Trabalho ao calor radiante	12	15	18	20	50	70	1,0 – 1,5

2.5 Síndrome do Edifício Doente (SED)

A maioria da população despence maior parte do seu tempo em espaços interiores, onde se incluem, escolas, habitações, espaços públicos e comerciais e nos seus locais de trabalho e, desta forma, estes espaços devem possuir as condições necessárias para que exista influência mais positiva na saúde, bem-estar, conforto e produtividade dos indivíduos (Â. E. So. Silva, 2017).

Existem diversos fatores que têm influência no bem-estar, nos quais se destacam, a iluminação, o ruído, a qualidade do ar interior, o fumo do tabaco, a temperatura ambiente e a própria relação e interação com os colegas de trabalho. A disfunção de um desses fatores está associada a diversos sinais e sintomas, abrangendo uma grande variedade de patologias (Â. E. So. Silva, 2017).

Na década de 70, surgiram os primeiros relatos de pessoas que ocupavam edifícios residenciais, comerciais ou institucionais e que relatavam problemas de saúde relacionados à permanência prolongada nessas áreas e, desde essa altura, começaram a surgir preocupações sobre os efeitos nefastos do ar em ambiente interior, uma vez que estes têm vindo a aumentar (Mendell & Heath, 2005).

Nos anos 80, a Organização Mundial da Saúde (OMS) pesquisou e investigou estes sinais e sintomas e agrupou-os naquilo que se viria a chamar como Síndrome do Edifício Doente (SED). A OMS classifica esta síndrome como um problema de saúde pública e pode ser caracterizado por diversas situações que podem causar desconforto laboral e problemas agudos de saúde mencionados pelos trabalhadores, problemas esses que podem estar relacionados com a permanência durante longos períodos em edifícios (WHO, 2010).

Segundo o Instituto de Saúde Pública, a síndrome do edifício doente pode ser definida como uma situação na qual os ocupantes ou trabalhadores de um edifício específico, apresentam desconforto laboral e/ou de problemas agudos de saúde. Nem sempre é possível identificar as causas destes desconfortos ou problemas de saúde, nem identificar um diagnóstico correto (WHO, 2010).

Outro termo que é utilizado é o de “doenças relacionadas com edifícios” (DRE), que relaciona os sintomas de uma doença específica com determinado edifício e que atribuídos a possíveis contaminantes do ar (WHO, 2010).

Desta forma, a OMS (Atkins, 1996) identifica dois tipos de edifícios doentes:

- Edifícios temporariamente doentes, englobam edifícios novos ou remodelados recentemente, em que os sintomas vão desaparecendo com o tempo.
- Edifícios permanentemente doentes, quando os sintomas persistem mesmo após a implementação de medidas para resolver os problemas.

Tanto a SED como a DRE, podem ocorrer quando existe pouca ou fraca manutenção do edifício ou as atividades de trabalho exercidas no interior do edifício não são as mais adequadas à estrutura do edifício, ou seja, o edifício pode não ser adequado às atividades que são exercidas (Â. E. So. Silva, 2017).

Sintomatologia

Os sintomas podem ser variados de acordo com a suscetibilidade de cada indivíduo, podendo ser sentidos com intensidades e formas diferentes, estes sintomas podem variar desde mal-estar geral até irritações oculares ou das vias aéreas, pode também ocorrer casos de sonolência e insónias (Atkins, 1996).

Os sintomas provocados pelo SED podem manifestar de forma individual ou de forma combinada, tornando-se difícil relacioná-los com esta síndrome. A maioria dos sintomas podem ser confundidos com uma simples constipação ou alguma doença respiratória, sintomas esses que vão aumentando com a maior permanência dentro do edifício e podendo desaparecer quando o trabalhador abandona o edifício (Â. E. So. Silva, 2017).

As principais manifestações clínicas são as seguintes que estão descritas na Tabela 10.

Tabela 10- Sintomas da Síndrome do Edifício Doente (Atkins, 1996).

Sistema	Manifestações
Respiratórias	Sensação de tosse seca; Espirros; Congestão nasal; Rinite alérgica; Síndrome gripal; Tosse seca; Aumento de incidência de crises asmáticas.
Oftalmológicas	Sensação de secura e ardor; Distúrbios visuais; Fotossensibilidade.
Dermatológicas	Eritema; Sensação de secura e irritação; Eczema periorbital.
Cognitivas	Cefaleias; Confusão mental; Letargia; Dificuldade de concentração; Fadiga; Sonolência; Insónia; Incapacidade de pensar de forma clara.
Gastrointestinal	Náuseas; Diarreia.
Outras	Distúrbios de personalidade; Ansiedade; Depressão.

Deste conjunto de sintomatologia, a irritação das mucosas oculares e do nariz são as mais frequentes, por outro lado, a sintomatologia menos frequente está relacionada com sintomas do trato gastrointestinal (Filipe, 2001). O mal-estar geral é considerado também como um dos sintomas mais comuns, principalmente causado pela existência de fraca iluminação (Jafari et al., 2015).

Estes sintomas não ameaçam de forma direta a nossa vida, são de forma geral leves e não existem indícios de causarem danos duradouros na saúde. No entanto, os ocupantes do edifício podem sentir um desconforto considerável, que na maioria das vezes, afeta e reduz a capacidade de trabalho dos mesmos (Filipe, 2001).

Nos casos mais graves, podem originar atitudes no trabalho que podem acarretar custos significativos para o negócio. Estas atitudes, podem incluir originalmente: redução da eficiência das equipas de trabalho; incremento do absentismo dos trabalhadores e conseqüentemente, do volume de trabalho (Â. E. So. Silva, 2017).

Para além disso, podem originar patologias mais graves, tais como hipersensibilidade, esterilidade ou cancro. Cerca de 10% dos cancros do pulmão são causados por má qualidade do ar interior em edifícios. Existem substâncias químicas tóxicas presentes em materiais de construção, mobiliário, produtos de limpeza e purificadores de ar, que podem causar essa sintomatologia clínica. Muitas dessas substâncias ainda são desconhecidas, e aquelas que são identificadas como prejudiciais geralmente levam anos para serem retiradas do mercado. Prova disso é o caso do amianto, que foi demonstrada a sua toxicidade décadas antes da sua proibição do uso na construção civil (Fuente, 2013).

Capítulo 3 - Metodologia

A metodologia utilizada tem como base uma revisão sistemática documental através da metodologia PRISMA *statement*® (Page et al., 2021) que consiste numa *checklist* com 27 itens e um fluxograma de quatro etapas. Tem como objetivo ajudar os autores a melhorarem o relato de revisões sistemáticas e também pode ser útil para a avaliação crítica de revisões sistemáticas publicadas (Moher et al., 2009), de modo a proceder-se a uma revisão sistemática da literatura, usando palavras-chave tais como *indoor environmental quality/qualidade do ambiente interior*, *noise/ruído*, *air quality/qualidade do ar*, *thermal comfort/conforto térmico*, *light/luminosidade*, *productivity/produtividade*, *efficiency/eficiência*, *office/escritórios*, *worker/trabalhador*. As plataformas utilizadas para a pesquisa destas palavras e expressões chave foram a *Web of Science*.

As palavras-chave foram relacionadas da seguinte forma:

1. *indoor environmental quality OR air quality.*
2. *noise OR thermal comfort OR light.*
3. *office OR work.*
4. *productivity OR efficiency.*

De seguida, foram agrupadas da seguinte forma 1 **AND** 2 **AND** 3 **AND** 4.

A pesquisa e análise dos artigos foi efetuada entre os meses de outubro de 2022 e julho de 2023.

Os critérios de inclusão aplicados foram: artigos em inglês ou português; artigos publicados após 2000. Alguns dos critérios de exclusão foram: meta-análises ou estudos de revisão; artigos do continente africano.

Recorreu-se à utilização da plataforma *RAYYAN* para o *screening* dos artigos.

As conclusões foram analisadas com base nos conhecimentos científicos mais atualizados relacionados ao assunto em questão.

Capítulo 4 - Resultados

Depois da pesquisa efetuada na plataforma *Web of Science*, foram encontrados 395 artigos. Foram removidos 2 artigos por serem duplicados, sobrando assim 393 artigos para *screening* e após esse *screening*, foram eliminados 348 artigos por não se enquadrarem no tema em questão ou por serem estudos de revisão e revisões sistemáticas de literatura e por não terem dados concretos de ensaios realizados em ambiente de escritório para os fatores ambientais identificados. Desta forma, ficam 45 artigos classificados como elegíveis, e nesta fase, foram aplicados os critérios de exclusão, onde se excluíram 5 artigos e outros 15 por não se enquadrarem no tema em questão. Adicionalmente, 4 artigos foram também excluídos por não se encontrarem disponíveis.

Depois da análise feita, ficamos com 21 artigos elegíveis para utilização.

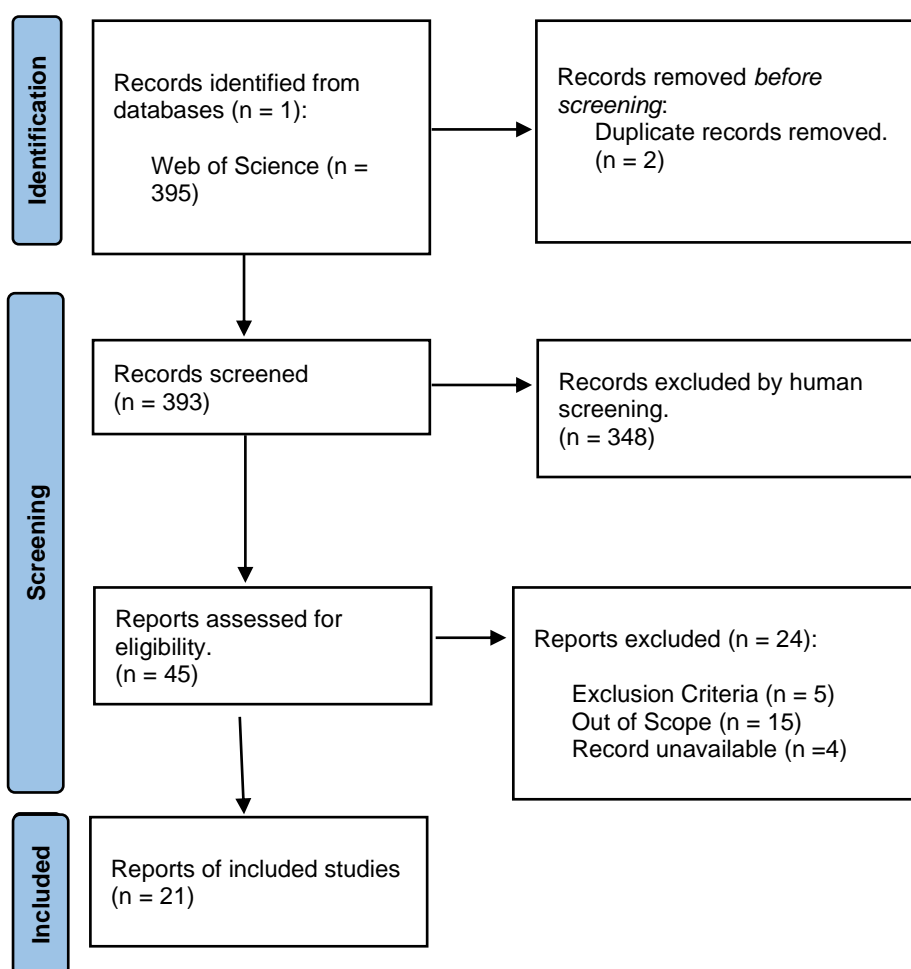


Figura 36 - Processo de seleção de artigos

Tabela 11 - Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>The impact of indoor environmental quality on work productivity in university openplan research offices</i>	Shengxian Kang Dayi Ou Cheuk Ming Mak	(2017)	China	Qualidade do Ar Conforto Térmico Iluminação Ruído	O presente estudo incide sobre um tipo especial de escritórios <i>open-space</i> , os gabinetes universitários de investigação <i>open-space</i> , e tem como objetivo estudar de que forma o QAI dos escritórios afeta a produtividade dos ocupantes.	De acordo com os resultados obtidos, todos os fatores de QAI têm correlações positivas com a produtividade, no entanto, o ruído é o fator que tem maior impacto negativo na produtividade dos trabalhadores. A conversação entre trabalhadores foi o fator de impacto negativo mais significativo no ambiente acústico.
<i>The impact of thermal environment on occupant IEQ perception and productivity</i>	Yang Geng Wenjie Ji Borong Lin Yingxin Zhu	(2017)	China	Conforto Térmico	Neste artigo pretendeu-se estudar os efeitos do ambiente térmico na percepção e produtividade do QAI dos ocupantes.	A produtividade relativa primordialmente aumentou e de seguida diminuiu quando a temperatura variou de 16°C para 28°C. Verificou-se que os participantes apresentaram melhores resultados de produtividade para uma temperatura de 22°C. A produtividade ideal foi atingida quando os trabalhadores se sentiam neutros ou ligeiramente frios.
<i>Effects of different environment combinations on the comfort and productivity of</i>	Zhiheng Li Eunyoung Kim	(2022)	China	Conforto Térmico Ruído Iluminação	O principal objetivo do estudo foi explorar como os ambientes internos podem afetar a percepção, a satisfação e o desempenho dos pesquisadores, considerando o	Os resultados mostram que o tempo de resposta dos participantes a 27°C foi significativamente mais longa que nos ambientes a 21°C e a 24°C, pelo que se pode afirmar que a temperatura tem efeito sobre a

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>researchers in winter</i>					efeito de combinação de diferentes variáveis do ambiente interno em escritórios <i>open-space</i> de uma instituição com um sistema de aquecimento por piso radiante.	<p>precisão e o tempo de resposta. (Os participantes quando expostos a temperaturas elevadas, necessitavam de mais tempo para conseguirem uma melhor performance, logo o rendimento laboral era menor).</p> <p>No que diz respeito à iluminação, não se obteve efeitos significativos na precisão dos testes de performance, uma vez que os valores usados variavam entre os 200 lx e os 500 lx correspondendo aos valores adequados de iluminação em escritórios.</p> <p>No que diz respeito ao ruído, a mudança de intensidade não mostrou efeito na precisão dos trabalhadores, no entanto, teve impacto no tempo de resposta.</p>
<i>A comparative field study of indoor environmental quality in two types of open-plan offices: Open-plan administrative offices and open-plan</i>	<p>Huading Lou</p> <p>Dayi Ou</p>	(2019)	China	<p>Conforto Térmico</p> <p>Ruído</p> <p>Iluminação</p> <p>Qualidade do Ar</p>	No presente estudo é realizado um estudo de campo comparativo entre escritórios administrativos <i>open-space</i> e escritórios de investigação <i>open-space</i> , com o objetivo de melhor compreender os efeitos da QAI nas duas	Verificou-se que o ruído é o fator que provoca mais efeitos negativos na produtividade e performance dos trabalhadores em ambas as tipologias de escritórios.

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>research offices</i>					tipologias de escritórios.	
<i>Effect of thermal comfort on occupant productivity in office buildings: Response surface analysis</i>	Amit Kaushik Arif Mohammed, Prasad Tumula John Ebohon	(2020)	Reino Unido	Conforto Térmico Qualidade do Ar	No presente artigo pretendeu-se estabelecer uma relação entre os parâmetros da temperatura e da humidade relativa com a produtividade dos ocupantes, e identificar qualquer efeito indireto de outros parâmetros do ambiente interno, como qualidade do ar, luz, som e disposição do escritório no conforto térmico dos ocupantes.	<p><u>Efeito dos COV, Humidade relativa externa no conforto térmico e o seu impacto na produtividade dos ocupantes</u></p> <p>A análise dos resultados indica que existe uma relação positiva entre conforto térmico dos ocupantes, a produtividade e os COV_{livres}, o que sugere que quando os COV_{livres} estão acima de 85% no ambiente, tem um efeito positivo no conforto térmico e na produtividade.</p> <p><u>Efeito do CO₂ e da humidade relativa externa no conforto térmico e o seu impacto na Produtividade dos Ocupantes</u></p> <p>Os resultados indicam que o CO₂ tem efeito proeminente na produtividade do que a humidade relativa exterior. A produtividade ótima é observada no intervalo dos valores de CO₂ entre os 400-700ppm.</p> <p><u>Efeito do CO₂ e da temperatura externa no conforto térmico e na produtividade dos ocupantes</u></p>

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
						<p>Verificou-se que o nível mais alto de produtividade é alcançado a temperaturas entre 30-40°C com concentração de CO₂ abaixo de 400ppm. No entanto, o estudo verificou ainda, que a produtividade é positiva até 700ppm de dióxido de carbono e quando a temperatura externa varia de 22-45°C, destacando que a temperatura externa tem mais efeito no conforto térmico de um ocupante e no seu impacto na produtividade em comparação com o dióxido de carbono.</p> <p><u>Efeito da Humidade Relativa Externa e da Humidade Relativa (interna) no Conforto Térmico e o seu impacto na Produtividade dos Ocupantes</u></p> <p>Relativamente à humidade relativa (interior), este fator tem um impacto positivo até 55%, mas acima de 55% a 70% não tem impacto no conforto térmico ou na produtividade dos ocupantes.</p> <p><u>Efeito da Temperatura e COV no Conforto Térmico e o seu impacto na Produtividade</u></p>

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
						<p><u>dos Ocupantes</u></p> <p>A temperatura tem um efeito muito positivo sobre os ocupantes quando varia de 22 a 24,5°C e de 21 a 25 °C. Embora o efeito dos COV seja influenciado pela temperatura, os gráficos indicam que este tem um impacto positivo quando o ar livre de COV está acima de 65%. O desempenho ideal é observado a 22-24°C e acima de 90% (ar livre de VOC).</p> <p><u>Efeito da Temperatura Externa e da Temperatura no Conforto Térmico e o seu impacto na Produtividade dos Ocupantes</u></p> <p>Os gráficos mostraram que o nível mais alto de conforto térmico e produtividade é alcançável quando a temperatura varia entre 21-24°C (interior) e 30-40°C (exterior).</p>
<p><i>An Empirical Investigation of the Link between Indoor Environment and Workplace Productivity</i></p>	<p>Rajat Gupta Alastair Howard</p>	<p>(2018)</p>	<p>Reino Unido</p>	<p>Conforto Térmico Qualidade do Ar</p>	<p>Este artigo utiliza uma abordagem do mundo real baseada num estudo de caso para investigar empiricamente a ligação entre o ambiente interno e a</p>	<p>A orientação da linha de tendência dos resultados sugeria que, à medida que a temperatura aumentava, a proporção de respostas corretas diminuía.</p>

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>in a UK Office Building</i>					produtividade do local de trabalho num ambiente de escritório com ventilação mecânica.	
<i>The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work</i>	– Thomas Witterseh – David P. Wyon – Geo Clausen	(2004)	Dinamarca	Conforto Térmico Ruído	O foco do estudo centrava na compreensão dos efeitos do stress térmico moderado e do ruído em escritórios <i>open-space</i> nos sintomas do SED e na produtividade no trabalho de escritório.	Verificou-se que a elevadas temperaturas, a produtividade dos trabalhadores tende a diminuir. As tarefas normais de escritório estão dependentes das diversas condições de conforto térmico e ruído. O ruído teve efeito direto na produtividade/performance dos trabalhadores, uma vez que diminui para 3%, para além deste ponto, os trabalhadores que se sentiam mais quentes cometeram mais 56% de erros nas tarefas. A performance mais elevada deu-se a uma temperatura de 26°C e sem ruído, por outro lado, a performance foi mais baixa a temperaturas de 30°C e com ruído.
<i>Perceived Air Quality and Cognitive Performance Decrease at Moderately Raised</i>	– Li Lan – Lulu Xia – Rihab Hejjo – David P Wyon – Pawel Wargocki	(2020)	Dinamarca	Conforto Térmico Qualidade do Ar	Este estudo investigou a possibilidade do uso de roupas para permanecer em conforto térmico neutro em temperaturas moderadamente elevadas é capaz	Ao ajustar o seu vestuário, o estudo verificou que os trabalhadores conseguiram atingir um estado de conforto térmico neutro tanto a 23°C como a 27°C. Ao nível de efeitos negativos na saúde, não foi observado qualquer correlação

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>Indoor Temperatures Even When Clothed for Comfort</i>					de evitar efeitos negativos na saúde, conforto e desempenho cognitivo.	significativa. E verificou-se que a produtividade expectável não correspondeu com os resultados obtidos, uma vez que o nível diminuiu para temperaturas de 27°C.
<i>Influence Of Indoor Air Temperature Variation on Office Work Performance</i>	Rokas Valancius Andrius Jurelionis	(2013)	Lituânia	Conforto Térmico	O objetivo deste estudo consistiu na avaliação da mudança no desempenho do trabalho de escritório dos mesmos indivíduos expostos a temperaturas instáveis.	De acordo com os participantes, a concentração e a eficácia nas tarefas diminuíram quando a temperatura aumentou de 22°C para 26°C. No entanto, de acordo com os resultados do teste, a produtividade no geral não variou significativamente. O aumento da temperatura afetou os cálculos aritméticos, uma vez que existiram erros na realização da experiência. A produtividade ideal foi verificada na diminuição da temperatura (22°C para 18°C) , no qual estava associado um baixo nível de erro nos cálculos aritméticos e no teste Tsai-Partington. Ao nível da performance geral existiu um acréscimo com a diminuição da temperatura.
<i>A longitudinal investigation of work</i>	S. Lamb K.C.S. Kwok	(2016)	Austrália	Conforto Térmico Iluminação	O estudo aborda quatro objetivos principais: (1) qualificar os efeitos	Os resultados indicam que o ruído intenso e a iluminação têm efeitos negativos diretos na

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>environment stressors on the performance and wellbeing of office workers</i>				Ruído	dos fatores de stress ambiental no desempenho e bem-estar no trabalho; (2) avaliar os efeitos cumulativos dos fatores de stress ambiental; (3) investigar o papel das variáveis de 'estado' como potenciais mediadores entre stressores ambientais e desempenho no trabalho; e, (4) investigar como os indivíduos podem compensar os stressores ambientais.	produtividade, contribuindo para os principais fatores de stress apontados. A produtividade era mais elevada quando a iluminação era considerada como confortável pelos indivíduos. A produtividade era mais baixa quando a iluminação era classificada como muito clara ou escura.
<i>The Combined Effects of Many Different Indoor Environmental Factors on Acceptability and Office Work Performance</i>	Geo Clausen David P. Wyon	(2008)	Dinamarca	Conforto Térmico Ruído Iluminação Qualidade do Ar	O objetivo deste estudo foi investigar as prioridades das pessoas mediante um orçamento e a escolha individual do ambiente de trabalho afeta o desempenho do trabalho e as percepções individuais do ambiente interno quando os indivíduos são expostos a diferentes combinações de ambientes	Os resultados mostraram que as pessoas que tinham maior orçamento para fazer alterações no ambiente de trabalho ao nível de iluminação, ruído, conforto térmico e qualidade do ar obtiveram melhores desempenhos no trabalho, por outro lado, as pessoas que não tiveram orçamento suficiente para alterar as suas condições de trabalho, tiveram a sua performance mais baixa.

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
					térmicos, acústicos, de iluminação e atmosféricos que são normalmente encontrados em escritórios.	
<i>Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment</i>	– Hitomi Tsutsumi – Shin-ichi Tanabe – Junkichi Harigaya – Yasuo Iguchi – Gen Nakamura	(2007)	Japão	Conforto Térmico	No presente estudo realizou-se experiências subjetivas com fim à avaliação dos efeitos da humidade no conforto humano e na produtividade sob condições de ambiente quente e húmido para condições termicamente neutras.	De acordo com os testes estatísticos realizados, a produtividade (maior número de adições corretas ou palavras por minuto) foi melhor com a humidade relativa entre 30 a 50%.
<i>Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance</i>	– Weilin Cui – Guoguang Cao – Jung Ho Park – Qin Ouyang – Yingxin Zhu	(2013)	China	Conforto Térmico	O principal objetivo do artigo foi esclarecer o nível de influência do fator objetivo (temperatura) e do fator subjetivo (motivação) no desempenho humano.	Os resultados indicam que a temperatura pode influenciar a aprendizagem. A performance ótima verificou-se a 26°C e quanto mais distante a temperatura de 26°C, menor o desempenho. Em comparação com 26°C, o desempenho a 22°C e a 32°C foi cerca de 5% e 8% menor, respetivamente. Do teste significativo, conclui-se que o desempenho a 29°C foi significativamente inferior a 26°C, e o desempenho a 32°C foi significativamente

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
						inferior a 24°C e 26°C. Estimando-se que a temperatura ótima para performance no estudo foi de 25,8°C.
<i>The effect of sound on office productivity</i>	– CM Mak – YP Lui	(2012)	China	Ruído	Os objetivos deste estudo foram, portanto, examinar o efeito do som na produtividade do escritório e avaliar a relação entre a produtividade do escritório e as fontes de ruído do escritório, bem como cinco fatores ambientais e de design do escritório, a saber, temperatura, qualidade do ar, layout do escritório, som e iluminação.	Foram encontradas fortes correlações entre mudanças de produtividade e o layout dos escritórios, temperatura e ruído. As fontes de ruído que os trabalhadores caracterizam como irritantes e que afetam a sua produtividade são: conversação, telefones a tocar e máquinas. Foram encontradas diferenças significantes entre os grupos de baixa produtividade e alta produtividade no que diz respeito a ruído de fundo, portas a fechar, atividade humana e ruído não específico vindo de fora do escritório, o que implica que o grupo com baixa produtividade é o mais afetado por estas fontes de ruído.
<i>The effect of air temperature on labour productivity in call centres—a case</i>	– Raimo Niemela – Mika Hannula – Sari Rautio – Kari Reijula	(2002)	Finlândia	Conforto Térmico	Neste estudo pretendeu-se investigar o efeito da temperatura do ar na produtividade do trabalho em escritórios de	Na zona sul com temperaturas acima dos 25°C, a produtividade dos trabalhadores manteve-se inalterada durante o tempo do estudo. Na zona norte, com temperaturas entre 23,5 e

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>study</i>	Jorma Railio				telecomunicações em diferentes regiões do país (norte e sul).	25°C, verificou-se um decréscimo em 5% da produtividade. Entre os grupos norte e sul, a produtividade média, durante os meses de agosto e novembro foi 5,7% maior que no mês de julho, quando as temperaturas das salas eram elevadas. No callcenter do Sul, a produtividade aumentou 7% depois da intervenção por parte de um sistema de arrefecimento.
<i>Quantitative effect on work performance considering interactions among multiple indoor environmental factors</i>	Jialin Wu Zhijian Hou Jingyun Shen Zhiwei Lian	(2020)	China	Conforto Térmico Qualidade do Ar	O objetivo consistiu em perceber o efeito combinado dos diversos fatores ambientais na performance dos trabalhadores em ambiente de escritório.	Os resultados dos testes efetuados aos trabalhadores mostraram que a performance no trabalho foi mais afetada de forma negativa pela humidade relativa a altas temperaturas (acima de 25°C).
<i>Control of temperature for health and productivity in offices</i>	Seppanen, Olli Fisk, William J. Faulkner, David	(2004)	Finlândia	Conforto Térmico	O objetivo deste estudo foi avaliar os benefícios potenciais de um melhor controlo da temperatura e aplicar as informações para uma análise de custo-benefício.	De acordo com resultados obtidos, existe uma diminuição da produtividade dos trabalhadores de callcenter quando a temperatura estava acima de 25°C. Numa segunda experiência, no mesmo callcenter, a produtividade diminuiu em quando a temperatura aumenta acima de 25°C.

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
						Quando a temperatura aumentou de 24,8°C para 26°C, a produtividade diminuiu 15%. O desempenho em testes de aprendizagem, testes de adição e multiplicação foram 10 a 14% piores nas temperaturas efetivas de 27°C, 29°C do que em 24°C. As variações de temperatura entre 21,5 e 24,75°C não influenciaram significativamente a velocidade de trabalho, no entanto, a velocidade de trabalho diminuiu significativamente a 26°C.
<i>Impact of Indoor Physical Environment on Learning Efficiency in Different Types of Tasks: A 3x4x3 Full Factorial Design Analysis</i>	Lilin Xiong Xiao Huang Jie Li Peng Mao Xiang Wang Rubing Wang Meng Tang	(2018)	China	Conforto Térmico Ruído Iluminação	O presente estudo visa explorar os impactos de três fatores ambientais físicos (ou seja, temperatura, ruído e iluminação) na eficiência da aprendizagem de acordo com diferentes tipos de tarefas, incluindo percepção, memória, resolução de problemas e tarefas orientadas à atenção.	Os resultados mostraram que a temperatura ambiente, o ruído e a iluminação têm efeito significativo na eficiência da aprendizagem baseada em quatro tipos de tarefas. A máxima eficácia de aprendizagem foi obtida em ambiente térmico neutro, relativamente silencioso e com iluminação alta.
<i>Thermal effects on human performance in</i>	Li Lan Pawel Wargocki	(2014)	Dinamarca	Conforto Térmico	Neste artigo, realizou-se uma abordagem para medir o	Conforme demonstrado, exceto para o desempenho da digitação de texto, o

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>office environment measured by integrating task speed and accuracy</i>	Zhiwei Lian				desempenho humano com um índice composto integrando velocidade e precisão e o método foi verificado experimentalmente com o ambiente térmico como exemplo prototípico.	desempenho na tarefa diminuiu a 30°C em comparação com 22°C, embora para algumas tarefas a diminuição não foi significativa. No caso da digitação de texto com feedback, os sujeitos tiveram pior desempenho a 30°C em comparação com 22°C. A mudança de velocidade e precisão da tarefa entre 30°C e 22°C em relação a 30°C indica que houve uma mudança maior na velocidade do que na precisão como resultado do aumento da temperatura do ar.
<i>Relating human productivity and annoyance to indoor noise criteria systems: a low frequency analysis</i>	Erica Eileen Bowden Lily M. Wang	(2005)	Estados Unidos da América	Ruído	Este estudo procura adicionar a um banco de dados examinando as correlações entre os sistemas de critérios de ruído interno e a produtividade humana, volume, incómodo e qualidade espectral.	Os resultados mostraram que não houve uma correlação significativa entre os valores de ruído e os testes de produtividade.
<i>Performance, acute health symptoms and physiological responses during exposure to high air</i>	Weiwei Liu Weidi Zhong Pawel Wargocki	(2017)	China	Conforto Térmico Qualidade do Ar	O foco do presente estudo centrava-se na avaliação do nível de ação medindo respostas fisiológicas, classificações subjetivas e desempenho	Nem a velocidade, nem o tempo de reação, nem a precisão mudaram no decorrer da exposição e, portanto, a análise do desempenho de testes cognitivos foram realizados na média de

Continuação da Tabela 11 – Quadro resumo dos artigos

Título	Autores	Ano	Local	Parâmetros Avaliados	Objetivo	Principais Resultados
<i>temperature and carbon dioxide concentration</i>					cognitivo e compará-las com as respostas à temperatura de 26°C (exposição de referência). Adicionalmente foi comparado com uma exposição a CO ₂ de 3000ppm a 35°C para examinar profundamente se a mudança terá algum efeito nas respostas medidas.	precisão e velocidade e no tempo de reação para cada condição de exposição. Os resultados mostraram que o a precisão da adição e subtração diminuiu significativamente em temperaturas de 35°C em comparação com temperaturas de 26°C. No entanto, não se verificou nenhuma diferença significativa observada entre a exposição a CO ₂ de 3000ppm a 35°C e exposição a temperaturas a 35°C. Para outros testes, não se detetou diferenças significativas na precisão e velocidade ou tempo de reação que foram observados entre as condições de exposição. A velocidade com que todos os testes cognitivos foram realizados mostrou uma clara tendência para um aumento gradual ao longo da experiência, independentemente das condições.

Face à metodologia de recolha e seleção dos estudos, obteve-se a seguinte distribuição temporal da informação recolhida.

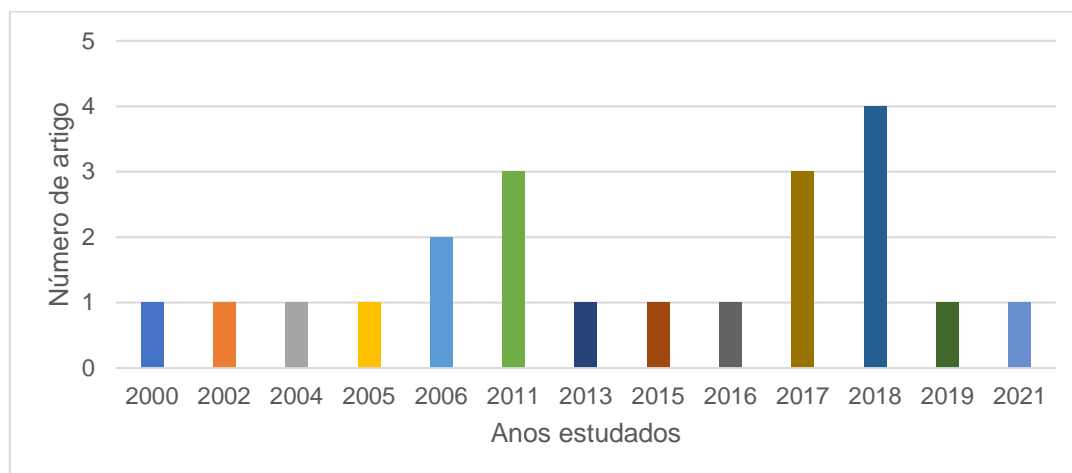


Figura 37 - Representação gráfica da distribuição temporal dos estudos recolhidos para a presente revisão.

Como é possível ver na Figura 28, 19,04% dos artigos foram publicados em 2018, 14,28% dos artigos foram publicados em 2017, 14,28% dos artigos foram publicados em 2011, 9,52% dos artigos foram publicados em 2006, 4,76% dos artigos foram publicados em 2000, 4,76% dos artigos foram publicados em 2002, 4,76% dos artigos foram publicados em 2004, 4,76% dos artigos foram publicados em 2005, 4,76% dos artigos foram publicados em 2013, 4,76% dos artigos foram publicados em 2015, 4,76% dos artigos foram publicados em 2016, 4,76% dos artigos foram publicados em 2019 e 4,76% dos artigos foram publicados em 2021.

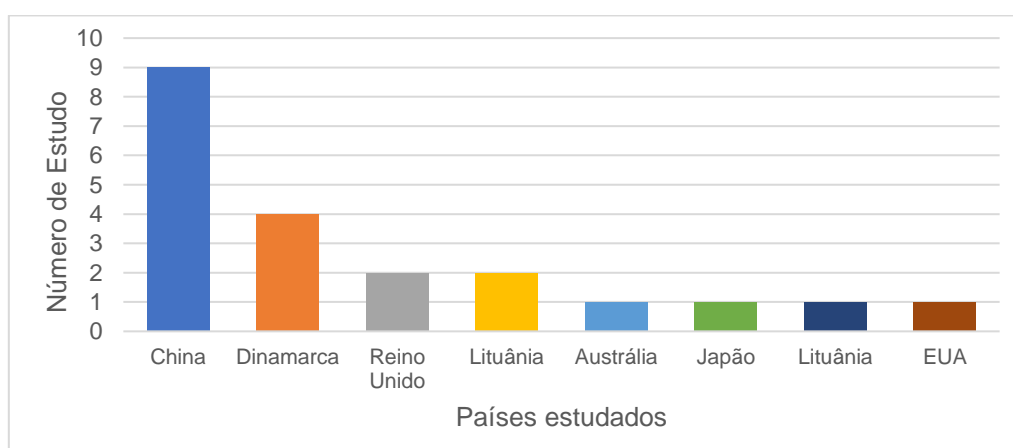


Figura 38 - Representação gráfica da distribuição espacial dos estudos recolhidos para a presente revisão.

De acordo com a análise da Figura 29, 42,85% dos estudos foram realizados na China, 19,04% dos estudos foram realizados na Dinamarca, 9,52% dos estudos foram realizados na Finlândia, 9,52% dos estudos foram realizados no Reino Unido e a restante percentagem corresponde aos artigos realizados na Lituânia, Austrália, Japão e EUA, cerca de 19,04%. Pelo que se pode observar que a maioria dos estudos foram realizados na China.

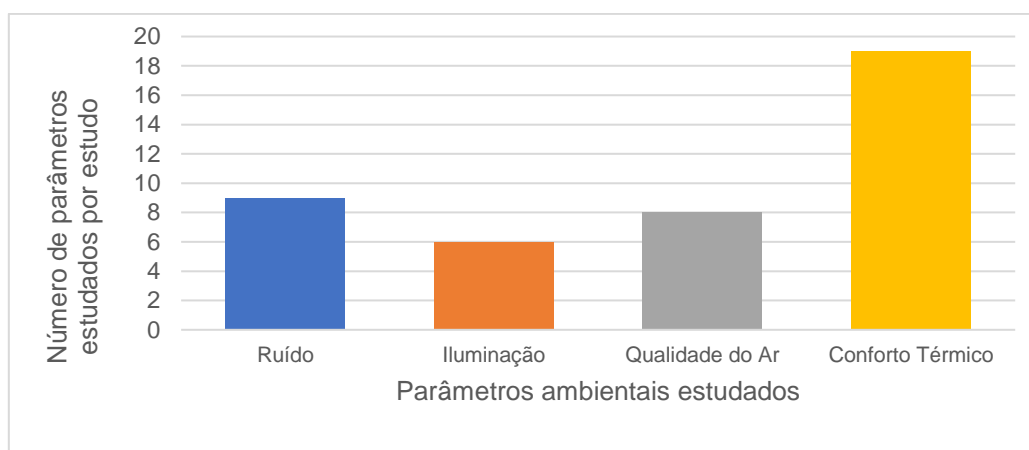


Figura 39 - Representação gráfica da distribuição dos parâmetros ambientais estudados dos estudos recolhidos para a presente revisão.

Pela análise da Figura 30, verifica-se que 90,5% dos estudos referem-se ao conforto térmico, 42,85% dos estudos referem-se ao ruído, 38,09% dos estudos referem-se à qualidade do ar e 28,57% dos estudos referem-se à iluminação.

Capítulo 5 – Discussão de Resultados

Nos resultados obtidos nos diversos artigos anteriormente analisados é possível comprovar que a maioria indica que os fatores da qualidade ambiental interior têm impacto na produtividade dos ocupantes dos mais variados escritórios.

Os efeitos adversos dos fatores da qualidade ambiental interior, estejam estes acima ou abaixo dos valores de referência, estão associados a uma redução da produtividade. No entanto, estes fatores não influenciam de forma direta a produtividade, em vez disso, influenciam aspectos individuais, tais como motivação, concentração, rapidez de execução, entre outros. A redução da produtividade está relacionada com o número de stressores ambientais existentes, bem como a sua intensidade, como o caso do ruído. Alguns estudos (Lamb & Kwok, 2016) referem que os trabalhadores podem ter a sua produtividade diminuída em 2,4% quando expostos a um stressor ambiental, em 5,4% quando expostos a dois stressores ambientais e em 14,8% quando expostos a três stressores ambientais, evidenciando que os fatores de stress ambiental têm impactos significativos de forma consistente com eficácia na execução das tarefas profissionais. A redução da produtividade associada a um ou a dois stressores é transversal ao longo dos estudos analisados, estimando uma redução entre 0,5% e 5,0%.

No que diz respeito à qualidade do ambiente acústico, mais precisamente na existência de ruído, os resultados obtidos podem ser explicados pelo facto de, por vezes, o trabalho ser realizado em escritórios específicos, mais precisamente, escritórios usados no âmbito de investigações, onde a qualidade sonora deve ser melhor do que a generalidade dos escritórios, de forma a permitir aos ocupantes adquirir um maior nível de concentração nas tarefas. Contudo, Kang et al., 2017, revelaram que o baixo grau de satisfação estava associado a uma maior correlação com a produtividade. Uma explicação para esse fenómeno está relacionada à natureza especializada e específica das atividades realizadas neste escritório, que são mais mentalmente complexas e exigem níveis mais elevados de concentração. Assim, de acordo com os resultados obtidos, os ocupantes que trabalham nesses escritórios de investigação tendem a ter requisitos mais rigorosos no que diz respeito ao ambiente acústico do que aqueles que trabalham em escritórios normais. Kang et al., 2017 mostraram ainda que a comunicação entre trabalhadores em escritórios open-space foi um impacto negativo muito significativo no ambiente acústico. Além dos

meios de comunicação como o telefone, apontaram-se fontes de atividade humana como portas a fechar ou ruídos não específicos vindos do exterior do escritório influenciaram o baixo nível de produtividade (Mak & Lui, 2012). Outros estudos, como o Lamb & Kwok, 2016 concluiu também que o ruído intenso contribuiu para os principais fatores de stress apontados pelos trabalhadores. Por outro lado, Li & Kim, 2022 menciona que a mudança de intensidade do ruído não afeta a concentração, mas sim o tempo de resposta para a realização das tarefas laborais. Contrariamente, às experiências analisadas, existe um estudo que menciona que não existe relação entre os valores de ruído com a produtividade, pois o ruído é um fator ambiental subjetivo e a sua existência e interferência está de acordo com a suscetibilidade individual (Bowden et al., 2005).

Lou & Ou, 2019 referem que, à semelhança dos casos anteriores, comparando escritórios do âmbito de investigação e escritórios administrativos, verificou-se que os níveis dos indicadores de ruído LAeq e LA10, foram mais baixos nos escritórios de investigação do que nos escritórios administrativos. Este resultado pode ser explicado pelo fato dos escritórios de investigação existirem maior número de divisórias nos postos de trabalho que permitem reduzir a intensidade do ruído e melhorar o ambiente acústico. Estes aspetos permitem afirmar que o ambiente acústico nos escritórios de investigação é melhor do que nos escritórios administrativos. No entanto, embora o ambiente acústico seja melhor, o nível de perturbação causado pelo ruído nos escritórios de investigação é significativamente maior do que para os escritórios administrativos e ao nível de satisfação do ambiente acústico para escritórios de investigação é significativamente menor do que para os escritórios administrativos. Estes resultados que refletem diretamente a percepção dos trabalhadores, que desempenham funções no âmbito da investigação, verifica-se um maior desconforto na variação de ruído, levando a uma insatisfação para com o ambiente onde estão inseridos os postos de trabalho. De acordo com caracterização do perfil dos participantes dos estudos analisados, os indivíduos com área profissional centrado na investigação são mais sensíveis e exigentes para com o ambiente acústico comparativamente aos restantes profissionais administrativos.

Os dados obtidos estão de acordo com as expectativas do estudo de Lou & Ou, 2019, uma vez que, devido à complexidade do trabalho mental e ao nível de concentração exigido para a realização da atividade, é correto dizer que os ocupantes dos escritórios

de investigação tenham requisitos mais elevados para o ambiente acústico que os dos escritórios administrativos.

Quanto ao fator de risco de exposição à iluminação, Lou & Ou, 2019 referem que os níveis médios de satisfação para a iluminação natural e iluminação total dos escritórios administrativos são superiores aos dos escritórios de investigação. Os resultados estão de acordo com as medições que mostraram que a iluminância nos escritórios administrativos é maior do que nos escritórios de investigação, especialmente a iluminação natural, dependente da respetiva área da janela onde incide a luz.

Dado que a área da janela está dependente da localização por piso, esta tem incidência direta na intensidade da iluminação natural, pelo que foi possível observar uma variância significativamente maior para os escritórios administrativos face aos escritórios de investigação. Desta forma, aponta-se que seja uma das principais razões para a melhor iluminação natural em escritórios administrativos. Como já foi mencionado por Lou & Ou, 2019, o grau de conforto ao nível da iluminação está dependente da satisfação dos ocupantes com a iluminação natural, pelo que é importante garantir a existência da mesma e das janelas ou claraboias, adicionalmente, o efeito da vista para o exterior pode influenciar a motivação dos trabalhadores. A sua importância advém-se não apenas pelas necessidades físicas de luz dos ocupantes, mas também pelas suas necessidades psicológicas.

Li & Kim, 2022 referem que a mudança da iluminação não teve impacto significativo na precisão e no tempo de respostas para a realização das tarefas propostas. Isto pode ser explicado pelo facto de os níveis de iluminação estarem compreendidos entre os 200 e 500 lx, o que representa o intervalo de valores recomendáveis para iluminação. Dado que os investigadores normalmente utilizam computadores para atividades de pesquisa, onde o brilho do ecrã pode ser ajustado, brilho esse que não é afetado pela iluminação interior, por isso, a mudança de iluminação tem pouca ou quase nenhuma influência na produtividade dos indivíduos. Também se verificou que a sala estava relativamente clara e o registo de efeito de fadiga visual na produtividade não foi significativo.

De acordo com Lamb & Kwok, 2016, é possível afirmar que a iluminância tem efeitos negativos diretos na produtividade para valores inferiores a 200 lx, que contribui para os principais fatores de stress referenciados.

Quanto ao conforto térmico, Lou & Ou, 2019 referem que existem diferenças estatísticas entre escritórios administrativos e escritórios de investigação em termos de temperatura interior. Em comparação com os escritórios de investigação, onde a temperatura média é de 27,53°C, a temperatura média nos escritórios administrativos é de 26,56°C, temperatura esta que se encontra mais perto do intervalo de temperatura recomendado por entidades de referência como a ASHRAE (20°C a 26°C). Contudo, Lou & Ou, 2019 mencionam que a satisfação térmica e/ou perceção da temperatura não têm distinção significativa entre tipologias de escritórios. Os níveis médios de satisfação em relação ao ambiente térmico e da temperatura para escritórios de investigação excedem ligeiramente os níveis dos escritórios administrativos. Interpretando, é possível afirmar que as pessoas que trabalham nos escritórios de investigação conseguem suportar temperaturas mais altas do que aqueles face aos indivíduos nos escritórios administrativos. Este facto pode ser explicado devido às atividades desenvolvidas nos escritórios de investigação em que os ocupantes estão envolvidos serem mais complexas e criativas. No estudo realizado não foi tido em conta o vestuário dos ocupantes.

Lou & Ou, 2019 mostram que a temperatura ótima para desenvolver trabalhos mais complexos e criativos pode ser diferente de outros tipos de trabalho mental, devido ao pensamento criativo poder ser afetado de forma positiva por um aumento moderado da temperatura. Isto pode ser explicado pelo facto das pessoas que sejam expostas a stress por calor de forma moderada, mas que esteja abaixo do limiar de transpiração, tendem a reduzir o seu nível de excitação e, desta forma, executam melhor a atividade criativa.

Por análise da informação adquirida no estudo de Li & Kim, 2022, a temperatura tem influência no tempo de resposta e na precisão. Uma explicação para tal deve-se ao facto de quando as pessoas processam informação, o cérebro apenas consegue realizar operações limitadas. Desta forma, as pessoas em ambiente com temperaturas elevadas necessitam de mais tempo para atingir uma performance aceitável e consequentemente, o nível de produtividade diminui.

Lan et al., 2020 mostram que a manutenção do conforto térmico neutro não previne a existência de efeitos negativos na produtividade quando a temperatura ambiente do espaço aumenta acima do intervalo convencional para o conforto térmico. Isto deve-se ao facto de as respostas fisiológicas involuntárias do corpo humano serem resultado do aumento da temperatura. Estas variações provocam um aumento da fadiga, stress,

entre outros efeitos na saúde que podem contribuir para a diminuição da produtividade.

Os níveis de produtividade da atividade laboral estão dependentes da distribuição geográfica dos postos de trabalho. Uma vez que os ambientes mais a norte são caracterizados por serem ambientes mais frios, variam facilmente a produtividade com a temperatura enquanto tal variação não se verifica em ambientes mais quentes. No entanto, quando há diferenças de temperatura significativas, a produtividade também diminui. Comprova-se ainda que a existência de sistemas de arrefecimento atenuam a variação da produtividade influenciada pela temperatura (Niemelä et al., 2002).

O conforto térmico também exerce efeitos na aprendizagem. A temperatura de 26°C foi caracterizada como a mais confortável, na qual houve maior velocidade de aprendizagem. Alguns autores referem que os profissionais se sentiam desmotivados e com necessidade de exercer mais esforço para manter o desempenho sob as condições de ambiente térmico desfavoráveis. O desempenho ao nível da aprendizagem não apresentou qualquer diferença entre temperaturas de 22°C, 24°C e de 26°C, enquanto a 29°C e a 32°C, o nível da aprendizagem foi significativamente menor. Razão pela qual pode ser explicado pela exposição a um ambiente ligeiramente frio que fará com que os ocupantes se sintam lúcidos e mais despertos, contrariamente, um ambiente mais quente tende a deixar os ocupantes mais sonolentos. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas entre 22°C e 26°C, verificou-se que o desempenho médio a 22°C foi ligeiramente inferior a 26°C, pelo que é possível afirmar que um ambiente que evolua de ligeiramente frio para neutro é mais favorável para o desempenho humano do que um ambiente quente. O desempenho humano não só é influenciado pelo ambiente envolvente, como também é influenciado pela motivação. Portanto, a motivação aumenta com a melhoria do ambiente térmico, ou seja, em suma, a temperatura afeta a motivação e a motivação afeta o desempenho (Cui et al., 2013).

Porém, o valor de temperatura mais mencionado é de 22°C e na generalidade dos estudos seleccionados conclui que a produtividade diminuiu para temperaturas acima deste valor de referência e aumenta igual ou inferior a 22°C (Geng et al., 2017; Gupta & Howard, 2018; Valančius & Jurelionis, 2013; Lan et al., 2014). De acordo com informações recolhidas nos questionários dos ocupantes, o uso de sistemas de ventilação e climatização ajudam a que estes se sintam mais neutros ou ligeiramente frios beneficiando a atividade laboral (Gupta & Howard, 2018).

As tarefas realizadas num ambiente de escritório também podem ser afetadas pelas baixas temperaturas, nomeadamente aquelas que exijam destreza das mãos. Neste tipo de atividades, o desempenho depende da temperatura dos dedos e das mãos, que por sua vez, dependem do equilíbrio térmico do corpo. Para temperaturas baixas, o fluxo sanguíneo que chega pelos vasos sanguíneos das mãos é reduzido, o que faz com que a temperatura das mãos diminua antes que o núcleo do corpo arrefeça. Por consequente, a destreza das mãos diminui com temperaturas entre 20 a 22°C. É óbvio que a destreza das mãos e dos dedos é importante no trabalho manual, mas também pode ser importante no trabalho de escritório, onde a maior parte do trabalho é feita com recurso a computadores (Seppanen et al., 2004).

Pode-se dizer que o acréscimo da temperatura poderia favorecer um aumento significativo da sonolência, assim como um aumento da temperatura da pele pode favorecer o desconforto térmico e a diminuição da saturação de oxigénio no sangue, que afeta a intensidade de alguns sintomas agudos, como, por exemplo, a fadiga (Liu et al., 2017).

A concentração em algumas tarefas propostas no estudo, verificou-se ser menor à temperatura de 35°C do que a 26°C. Esta suposição é suportada pelo papel prejudicial da alta temperatura na capacidade de realizar certas tarefas cognitivas e que o aumento do desconforto térmico pode resultar num desempenho cognitivo reduzido devido à distração. A baixa saturação de oxigénio no sangue devido ao calor resulta numa diminuição da função cognitiva. Alguns sintomas agudos sentidos pelos ocupantes a 35°C, tais como a falta de bem-estar e a dificuldade em pensar e concentrar podem ser apresentadas como uma razão para o desempenho ser reduzido (Liu et al., 2017).

Além da temperatura, a humidade relativa é uma das variáveis no conforto térmico, e verificou-se que quanto menor a humidade melhor o nível de produtividade, sendo que este nível é mais tangível para um intervalo de 30 a 50% da humidade relativa (Tsutsumi et al., 2007; Wu et al., 2020).

O conforto térmico avalia a exposição a temperaturas e humidades relativas que satisfaz o ambiente adequado para o ocupante (Kaushik et al., 2020). Porém, este fator de risco pode variar com indicadores da qualidade do ar, como por exemplo a concentração de poluentes atmosféricos no ambiente de trabalho (Kaushik et al., 2020). Pelo que, para uma adequada avaliação de conforto térmico é necessário

considerar os parâmetros da avaliação da qualidade do ambiente interior (Kaushik et al., 2020).

Estudo comprova que os COV's e o CO₂ têm efeito direto na temperatura ambiente, ou seja, quando existe uma alteração na concentração destes compostos químicos existe também uma variação no fator físico temperatura (Kaushik et al., 2020). Especificamente para COV_{livres} no ambiente, existem correlações para um efeito positivo sobre o conforto térmico e a produtividade dos profissionais. De acordo com os resultados de (Kaushik et al., 2020) existe um efeito positivo quando 85% de COV_{livres} no ambiente. Relativamente ao nível da produtividade, esta atinge o patamar ótimo quando a concentração de COV_{livres} aumenta para 90% (Kaushik et al., 2020).

Por outro lado, para o CO₂, a produtividade ótima é obtida a concentrações entre 400 e 700 ppm, a uma temperatura variável entre 22°C a 24,5°C e a uma humidade relativa superior a 55% (Kaushik et al., 2020).

Kaushik et al., 2020 ainda sugere que a notável discrepância de humidade relativa e temperatura entre o ambiente interior e exterior provoca um choque térmico e desconforto para os ocupantes para ambientes de calor para frio e de seco para húmido. Leva mais tempo para que estes alcancem o seu bem-estar térmico e atinjam a produtividade desejada. Por conseguinte, recomenda-se a criação de zonas de transição para diminuir as bruscas variações de temperatura e humidade. Pode-se desenvolver áreas intermédias com sombreamento e presença de fontes de água junto às entradas dos edifícios, com o intuito de estabelecer espaços com temperaturas mais amenas e humidade elevada. Estas estratégias de conceção ajudam a reduzir o impacto do choque térmico quando os ocupantes entram no edifício, permitindo-lhes alcançar conforto térmico e produtividade de forma mais rápida ao iniciarem o seu trabalho no interior do edifício.

Para os estudos que averiguam as condições quanto aos parâmetros ambientais em estudo, o ruído tem um impacto mais significativo no trabalho e para a generalidade, a produtividade é melhor em ambientes térmicos neutros, silenciosos e com iluminação entre 300 e 700 lx (Xiong et al., 2018). Destacando que quanto maior for a disponibilidade para modificar o ambiente de trabalho de acordo com a perceções e necessidades dos ocupantes melhor é a performance no trabalho (Clausen & Wyon, 2008).

Ao longo da análise dos estudos, verificou-se que todos os fatores de risco mencionados contribuem para elevados níveis de fadiga e dificuldade de concentração na realização das tarefas profissionais, porém a percepção sobre cada um é variável (Witterseh et al., 2004). Desta forma, os resultados obtidos dão suporte à hipótese de exposição intensa a agentes stressores que intensifica uma ampla gama de sintomas da SED e que compromete o desempenho profissional (Witterseh et al., 2004). Ademais, a distração sonora no escritório, o aumento da temperatura sem a devida climatização e a incorreta distribuição luminosa têm um poder prejudicial no trabalho relevando a importância na criação de medidas preventivas e/ou de proteção para mitigar o desenvolvimento da SED (Witterseh et al., 2004).

A investigação realizada até agora trata os parâmetros individualmente, não considerando efeitos aditivos ou sinérgicos entre os diferentes parâmetros.

Capítulo 6 – Conclusão

Após a recolha e leitura dos artigos e da respetiva análise dos resultados através de uma revisão sistemática de literatura, foi possível concluir que dos fatores ambientais que mais afetam a qualidade do ambiente interior em escritórios, destacam-se o ruído, quer seja ruído interior ou exterior e o conforto térmico, nomeadamente temperatura. No entanto, as perceções dos ocupantes salientam o ruído e o conforto térmico como fatores de risco com maior impacto no decréscimo da produtividade face à QAI e iluminação que mostraram pouca influência na produtividade.

Pode-se concluir que no que diz respeito à produtividade, esta não é afetada diretamente pelos fatores ambientais, mas sim pelos fatores individuais das pessoas, quer sejam fisiológicos ou psicológicos. Ou seja, os fatores ambientais exercem efeito sobre as pessoas, efeitos esses que se manifestam através da fadiga, cansaço, sonolência, entre outros. Estas manifestações vão diminuir a motivação e a capacidade de contratação das pessoas, que posteriormente irá influenciar de forma negativa a produtividade dos trabalhadores.

Ademais, a distração sonora no escritório, o aumento da temperatura sem a devida climatização e a incorreta distribuição luminosa têm um poder prejudicial no trabalho relevando a importância na criação de medidas preventivas e/ou de proteção para mitigar o desenvolvimento da SED e por isso, de forma a melhorar a qualidade do ambiente interior, devem ser implementadas algumas alterações ao nível do layout dos escritórios, nomeadamente divisórias entre postos de trabalho e colocação de janelas de vidro duplo para reduzir o ruído existente, colocar lâmpadas adequadas de forma a criar um conforto visual adequado dentro dos parâmetros exigidos e colocação de um sistema de ventilação adequado de forma a temperatura adequada de acordo com as necessidades dos trabalhadores.

As perspetivas futuras para os estudos da qualidade do ambiente em escritórios são promissoras e visam criar espaços de trabalho mais saudáveis, produtivos e confortáveis. Para o ruído, haverá avanços em tecnologia de isolamento acústico e um planeamento cuidadoso do layout dos escritórios. O uso de dispositivos de cancelamento de ruído pode-se tornar mais comum. Em relação à iluminação, será dada prioridade à maximização da luz natural nos escritórios, através do design de prédios com mais janelas e sistemas de iluminação adaptativa. A nova tecnologia para a iluminação tem foco na replicação dos ritmos naturais da luz ao longo do dia que

pode influenciar os ritmos de produtividade dos trabalhadores. Para a qualidade do ar, espera-se o uso de sensores inteligentes para monitorizar em tempo real a presença de poluentes, dióxido de carbono e humidade. Quanto ao conforto térmico, será dada ênfase ao controlo individualizado da temperatura, com sistemas de climatização eficientes e com um design inteligente que aproveite a orientação solar e a ventilação natural. Em suma, as perspetivas futuras envolvem avanços tecnológicos, arquiteturas sustentáveis e um maior enfoque no bem-estar dos ocupantes, visando criar espaços de trabalho mais saudáveis, produtivos e agradáveis.

Referências Bibliográficas

- Abdel-Hamid, M. A., A. Hakim, S., Elokda, E. E., & Mostafa, N. S. (2013). Prevalence and risk factors of sick building syndrome among office workers. *Journal of the Egyptian Public Health Association*, 88(2), 109–114. <https://doi.org/10.1097/01.EPX.0000431629.28378.c0>
- ADENE. (2016). Sistemas de Ventilação. In *10 Soluções Eficiência Energética* (p. 12). ADENE - AGÊNCIA PARA A ENERGIA.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). Ruído Ambiente. <https://apambiente.pt/ar-e-ruído/ruído-ambiente>
- Amaral, M. A. P. da S. (2008). *Sistemas de Ventilação Natural e Mistos em edifícios de habitação*. <http://hdl.handle.net/10400.19/547>
- ANSI. (2004). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. www.ashrae.org
- ANSI. (2010). *ASHRAE STANDARD ASHRAE STANDARD Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. www.ashrae.org
- APA. (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Guia Técnico*. <https://apambiente.pt/ar-e-ruído/qualidade-do-ar>
- Atkins, E. H. (1996). Sick Building Syndrome. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 275(21), 1634. <https://doi.org/10.1001/jama.1996.03530450024016>
- Azuma, K., Ikeda, K., Kagi, N., Yanagi, U., & Osawa, H. (2017). Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 22(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12199-017-0645-4>
- Bowden, E. E., Wang, L. M., & Bowden, E. E. (2005). OR-05-6-4: Relating human productivity and annoyance to indoor noise criteria systems: a low frequency analysis. *Architectural Engineering -- Faculty Publications*, 43, 10. <https://digitalcommons.unl.edu/archengfacpub/43>

- Bueche, F. J., & Hecht, E. (1997). Theory And Problems of College Physics. In *Schaum's Outline* (9^a, pp. 223–232). The MacGraw-Hill Companies, Inc. <https://doi.org/10.1036/0071367497>
- Cabral, F. V. R. (2001). *Higiene, Segurança, Saúde e Prevenção de Acidentes de Trabalho: Vol. Volume 2*. Verlag Dashofer.
- Carreira, M. A. C. (2017). *Avaliação do Conforto Térmico em Unidades de Saúde*. <http://hdl.handle.net/10400.26/18533>
- Carvalho, P. A. M. de. (2014). *Índice multicritério da percepção de qualidade do ambiente interior*. <http://hdl.handle.net/10400.8/1004>
- CCOHS. (2004). *Indoor air quality: health & safety guide* (4^a). Canadian Centre for Occupational Health and Safety.
- Clausen, G., & Wyon, D. P. (2008). The combined effects of many different indoor environmental factors on acceptability and office work performance. *HVAC and R Research*, 14(1), 103–113. <https://doi.org/10.1080/10789669.2008.10390996>
- Clausen, T., Christensen, K. B., Lund, T., & Kristiansen, J. (2009). Self-reported noise exposure as a risk factor for long-term sickness absence. *Noise & Health*, 11(43), 93–97. <https://www.noiseandhealth.org/text.asp?2009/11/43/93/50693>
- Cui, W., Cao, G., Park, J. H., Ouyang, Q., & Zhu, Y. (2013). Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation, and performance. *Building and Environment*, 68, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.06.012>
- DRYVIT. (2007, May 10). *Conforto Térmico*. Conforto Térmico. <http://www.dryvit.pt/confortotermico.htm>
- Esteves, H. M. D. S. (2012). *Avaliação da QAI e do conforto térmico do departamento de Imagiologia do HDS* (p. 78). Instituto de Agronomia da Universidade de Lisboa. <http://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5298/4/Trabalho.pdf>
- Evans, G. W., & Johnson, D. (2000). Stress and open-office noise. *Journal of Applied Psychology*, 85(5), 779–783. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.85.5.779>
- Fanger, P. O. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *Occupational and Environmental Medicine*, 30(4), 313–324. <https://doi.org/10.1136/oem.30.4.313>

- Felipe Contin de Oliveira, S., Aletta, F., & Kang, J. (2023). Self-rated health implications of noise for open-plan office workers: An overview of the literature. *Building Acoustics*, 30(2), 105–125. <https://doi.org/10.1177/1351010X231152841>
- Filipe, C. K. (2001). Os edifícios e a saúde humana: breves notas sobre alguns problemas de saúde relacionados com edifícios. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 19(1), 29–40. <http://hdl.handle.net/10362/101137>
- Freitas, L. C. (2022). *Manual de segurança e saúde do trabalho (5ª)*. Sílabo.
- Fuente, J. A. A. de la. (2013). *O edifício doente: relação entre construção, saúde e bem-estar*. <https://hdl.handle.net/1822/27606>
- Geng, Y., Ji, W., Lin, B., & Zhu, Y. (2017). The impact of thermal environment on occupant IEQ perception and productivity. *Building and Environment*, 121, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.022>
- Goldenergy. (2023). Lâmpada LED. Gold Energy. <https://goldenergy.pt/glossario/lampada-led/>
- Gupta, R., & Howard, A. (2018). An Empirical Investigation of the Link between Indoor Environment and Workplace Productivity in a UK Office Building. *Smart and Healthy within the 2-Degree Limit*, 6.
- ISO. (2002). *ISO 8995-1:2002 Lighting of workplaces — Part 1: Indoor* (Vol. 1, p. 18). International Organization for Standardization (ISO) Central Secretariat. <https://www.iso.org/standard/28857.html>
- ISO. (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* (Vol. 3, p. 52). International Organization for Standardization (ISO) Central Secretariat.
- Jafari, M. J., Khajevandi, A. A., Mousavi Najarkola, S. A., Yekaninejad, M. S., Pourhoseingholi, M. A., Omid, L., & Kalantary, S. (2015). Association of Sick Building Syndrome with Indoor Air Parameters. *Tanaffos*, 14(1), 55–62.
- Kang, S., Ou, D., & Mak, C. M. (2017). The impact of indoor environmental quality on work productivity in university open-plan research offices. *Building and Environment*, 124, 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.003>

- Kaushik, A., Arif, M., Tumula, P., & Ebohon, O. J. (2020). Effect of thermal comfort on occupant productivity in office buildings: Response surface analysis. *Building and Environment*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107021>
- Kristiansen, J., Clausen, T., Christensen, K., & Lund, T. (2009). Self-reported noise exposure as a risk factor for long-term sickness absence. *Noise and Health*, 11(43), 93. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.50693>
- Lamb, S., & Kwok, K. C. S. (2016). A longitudinal investigation of work environment stressors on the performance and wellbeing of office workers. *Applied Ergonomics*, 52, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.07.010>
- Lan, L., Wargocki, P., & Lian, Z. (2014). Thermal effects on human performance in office environment measured by integrating task speed and accuracy. *Applied Ergonomics*, 45(3), 490–495. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.06.010>
- Lan, L., Xia, L., Hejjo, R., Wyon, D. P., & Wargocki, P. (2020). Perceived air quality and cognitive performance decrease at moderately raised indoor temperatures even when clothed for comfort. *Indoor Air*, 30(5), 841–859. <https://doi.org/10.1111/ina.12685>
- Lee, Y., & Aletta, F. (2019). Acoustical planning for workplace health and well-being: A case study in four open-plan offices. *Building Acoustics*, 26(3), 207–220. <https://doi.org/10.1177/1351010X19868546>
- Li, Z., & Kim, E. (2022). Effects of different environment combinations on the comfort and productivity of researchers in winter. *Indoor and Built Environment*, 31(6), 1675–1687. <https://doi.org/10.1177/1420326X211073497>
- Liu, W., Zhong, W., & Wargocki, P. (2017). Performance, acute health symptoms and physiological responses during exposure to high air temperature and carbon dioxide concentration. *Building and Environment*, 114, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.020>
- Lou, H., & Ou, D. (2019). A comparative field study of indoor environmental quality in two types of open-plan offices: Open-plan administrative offices and open-plan research offices. *Building and Environment*, 148, 394–404. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.022>

- Macedo, R. (2006). *Manual de higiene do trabalho na indústria* (3ª, Vol. 2). Fundação Calouste Gulbenkian.
- Mak, C. M., & Lui, Y. P. (2012). The effect of sound on office productivity. *Building Services Engineering Research and Technology*, 33(3), 339–345. <https://doi.org/10.1177/0143624411412253>
- Martins, A. M. Q. (2011). *Conforto Térmico na Indústria do Papel*.
- Matos, J. L. de. (2014). *Qualidade do Ar Interior em Ambiente Hospitalar: Identificação de Poluentes, Fontes e Estratégias para a Otimização dos Serviços de Saúde*. <http://hdl.handle.net/10362/12321>
- Melo, R. B. (2021). Agentes Físicos: Ambiente Térmico. In *Higiene Industrial - Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho*. IPL-ESTeSL.
- Mendell, M. J., & Heath, G. A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*, 15(1), 27–52. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x>
- Miguel, A. S. S. R. (1998). *Segurança e higiene do trabalho* (1st ed.). Universidade Aberta.
- Miguel, A. S. S. R. (2014). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (13ª). Porto Editora.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Niemelä, R., Hannula, M., Rautio, S., Reijula, K., & Railio, J. (2002). The effect of air temperature on labour productivity in call centres—a case study. *Energy and Buildings*, 34, 759–764.
- Nunes, F. M. D. O. (2010). *Higiene e segurança no trabalho: manual técnico* (Rosa Maria Mosa, Ed.; 2ª). Edições Gustave Eiffel.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated

- guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pinheiro, I. P. T. (2011). *Conforto Térmico e Bem-Estar numa Superfície Comercial Isolada*. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/62109/1/000149574.pdf>
- Portaria n.º 138-G/2021, Diário da República, 1ª Série 128 (2021).
- Roaf, S. H. M. (1992). *Energy efficient building*. <https://www.osti.gov/biblio/6925494>
- Rocha, P. I. de O., Rocha, V. de P. T., Farias, V. S. de O., & Farias, E. E. V. de. (2020). Índice de PMV e PPD para análise de conforto térmico de residência no Semiárido Paraibano. *Engenharia No Século XXI*, 15. <https://doi.org/10.36229/978-65-86127-18-8.CAP.15>
- Ruas, A. C. (1999). *Avaliação de conforto termico* [Universidade Estadual de Campinas]. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.1999.176253>
- Seppanen, O., Fisk, W. J., & Faulkner, D. (2004). Control of temperature for health and productivity in offices. *California Digital Library - University of California*. <https://escholarship.org/uc/item/39s1m92c>
- Silva, Â. E. S. (2017). *Síndrome do Edifício Doente*. <http://hdl.handle.net/10451/30896>
- Silva, M. G. da. (2010). *Apresentação do Manual nº 13 da REHVA A Qualidade do Ambiente Interior e a Eficiência Energética nas Escolas*.
- Silva, M. (2017a). Noções Gerais - Ruído. In *Higiene no Trabalho - Licenciatura em Saúde Ambiental*. IPL - ESTeSL.
- Silva, M. (2017b). Iluminação. In *Higiene no Trabalho - Licenciatura em Saúde Ambiental*. IPL - ESTeSL.
- Susana Branco, P. (2017). ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS. In *Física II - Licenciatura em Saúde Ambiental*. IPL - ESTeSL.
- Taylor, E. (2018, July). *Air temperature alone is not a valid or accurate indicator of thermal comfort or thermal stress*. HSE and Thermal Comfort – the Six Basic Factors. https://www.lawgistics.co.uk/blog/legal_updates/hse-and-thermal-comfort-the-six-basic-factors/
- Teknologi, J., Mei, A. Q., & Mydin, A. O. (2015). *ASSESSMENT OF INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY AND OCCURRENCE OF SICK BUILDING*

SYNDROME IN SMALL OFFICES IN PENANG, MALAYSIA (Vol. 75, Issue 5).
www.jurnalteknologi.utm.my

- Tharim, A. H. A. (2018). Association between Indoor Environmental Quality (IEQ), Occupants Productivity and Perceived Productivity in Malaysian Green Office Buildings. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v8-i1/3824>
- Tsutsumi, H., Tanabe, S. ichi, Harigaya, J., Iguchi, Y., & Nakamura, G. (2007). Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment. *Building and Environment*, 42(12), 4034–4042. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.037>
- Valančius, R., & Jurelionis, A. (2013). Influence of indoor air temperature variation on office work performance. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 21(1), 19–25. <https://doi.org/10.3846/16486897.2012.721371>
- Veiga, M. M., Almeida, R., & Duarte, F. (2016). O desconforto térmico provocado pelos equipamentos de proteção individual (EPI) utilizados na aplicação de agrotóxicos. *Laboreal*, 12(2). <https://doi.org/10.4000/laboreal.2540>
- Vilcekova, S., & Budaiova, Z. (2015). Productivity And Indoor Environmental Quality in Offices. *ENERGY AND CLEAN TECHNOLOGIES*, 993–1000.
- WHO. (2010). *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants*. www.euro.who.int
- Witterseh, T., Wyon, D. P., & Clausen, G. (2004). The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work. *Indoor Air, Supplement*, 14(8), 30–40. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00305.x>
- Wu, J., Hou, Z., Shen, J., & Lian, Z. (2020). Quantitative effect on work performance considering interactions among multiple indoor environmental factors. *Building and Environment*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107286>
- Xiong, L., Huang, X., Li, J., Mao, P., Wang, X., Wang, R., & Tang, M. (2018). Impact of indoor physical environment on learning efficiency in different types of tasks: A 3 × 4 × 3 full factorial design analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph15061256>

Zalesinska, M., Szwedek, S., & Pawlak, A. (2018). Evaluation of Lighting Parameters at the Workplace with the Use Replacements for Incandescent Lamps. IEEE. <https://doi.org/10.1109/LUMENV.2018.8521106>