

**RELATÓRIO SOBRE O CONTEÚDO E MÉTODOS DE  
ORGANIZAÇÃO CIENTÍFICA E DE EXECUÇÃO  
PEDAGÓGICA DA UNIDADE CURRICULAR DE**

**GESTÃO DA QUALIDADE DO AR**

*Nelson Augusto Cruz de Azevedo Barros*

Universidade Fernando Pessoa

Porto, Portugal

Junho de 2021



## Índice Geral

1. Introdução.....	5
2. A <i>Gestão da Qualidade do Ar</i> na oferta formativa da FCT-UFP .....	6
3. A Unidade Curricular de <i>Gestão da Qualidade do Ar</i> .....	6
3.1 Estrutura.....	7
3.2 Objetivos .....	7
3.3 Programa da Unidade Curricular.....	9
3.4 Plano de lecionação .....	11
3.5 Conteúdos a lecionar.....	13
3.5.1 Primeiro Capítulo: Introdução.....	13
3.5.2 Segundo Capítulo: A atmosfera.....	15
3.5.3 Terceiro Capítulo: O ar no ambiente interior.....	27
3.5.4 Outras atividades .....	37
4. Metodologia de apresentação da Unidade Curricular .....	38
4.1 Aproximação metodológica .....	38
4.2 Recursos do curso .....	38
5. Sistema de avaliação .....	39
6. Referências e bibliografia .....	42

## ***Índice de Tabelas***

Tabela 1. Programa, distribuição dos tempos letivos e ECTS por tipologia ..... 10

## 1. Introdução

Este relatório foi preparado pelo autor para cumprir parcialmente os requisitos necessários à atribuição do título académico de agregado pela Universidade Fernando Pessoa em Ecologia e Saúde Ambiental, conforme descrito no Regulamento n.º 307/2008, publicado no Diário da República, 2ª série, nº 110, de 9 de junho de 2008. De acordo com este regulamento, o título académico de agregado visa atestar:

- A qualidade do currículo académico, profissional, científico e pedagógico;
- A capacidade de investigação;
- A aptidão para dirigir e realizar trabalho científico independente.

Parte dos requisitos necessários à obtenção do grau, consiste na apresentação, apreciação e discussão de um relatório sobre conteúdos e métodos de organização científica e de execução pedagógica de uma unidade curricular, grupo de unidades curriculares, ou ciclo de estudos, no âmbito do ramo de conhecimento ou especialidade em que são prestadas as provas.

O candidato optou por apresentar o presente relatório sobre os conteúdos, métodos de organização científica e de execução pedagógica de uma unidade curricular (UC), a saber, *Gestão da Qualidade do Ar*.

Este relatório descreve a UC de *Gestão da Qualidade do Ar*, que poderá funcionar como UC optativa dentro da oferta formativa da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa (FCT-UIP), Porto. Identifica, em particular, os objetivos da UC e as competências que esta proporciona aos estudantes, os seus resultados, o programa de estudos e os planos de aulas.

Apresenta e discute ainda um plano de palestras, exercícios, e métodos de avaliação. Finalmente, compara a UC com ofertas semelhantes noutras instituições, nacionais e internacionais.

O relatório está estruturado da seguinte forma:

- Secção 1: Esta secção;
- Secção 2: Fundamenta a importância desta UC no contexto da oferta formativa da FCT-UIP;

- Secção 3: Apresenta e descreve a UC, os seus objetivos, os seus resultados e as competências que proporciona aos estudantes. Descreve em pormenor o programa da UC, e o plano de aulas com bibliografia, atividades de avaliação e recursos;
- Secção 4: Expõe a metodologia de apresentação da UC;
- Secção 5: Descreve os objetivos e método de avaliação;
- Secção 6: Lista as referências e a bibliografia.

## 2. A Gestão da Qualidade do Ar na oferta formativa da FCT-UEP

A oferta formativa da UEP na Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT), é constituída atualmente, entre outros, pelo mestrado integrado em Arquitetura e Urbanismo e pelo mestrado em Eng. Civil. Em ambas as formações existem ofertas formativas optativas onde uma UC com o perfil que agora se apresenta, *Gestão da Qualidade do Ar*, pode trazer uma óbvia mais-valia aos alunos. De facto, a qualidade do ar que respiramos, quer no espaço exterior quer no espaço interior dos edifícios, tem um papel fundamental na qualidade de vida e saúde das populações.

Por outro lado, ambas as ofertas formativas envolvem, de uma forma genérica, os edifícios e, em particular, no mestrado integrado em Arquitetura e Urbanismo, também a organização do espaço exterior, vertente com potencial impacto na qualidade do ar exterior, adiante designado como ambiente ou atmosférico.

A existência de uma UC (Qualidade Ambiental de Edifícios), em ambas as formações, onde a temática da Qualidade do Ar Interior (QAI) já é tocada, não tira o mérito e a pertinência à presente proposta. Na verdade, os conteúdos a ministrar irão, de forma significativa, para além do que é atualmente ministrado, olhando para a qualidade do ar de forma holística e não apenas para a QAI. Esta visão, está em linha com o pensamento atual sobre a gestão da qualidade do ar e da sua importância no bem-estar e saúde das populações onde se reconhece, não só a relevância da qualidade do ar exterior, enquanto fator chave na ventilação, como também da qualidade do ar dos espaços interiores, onde a população passa cerca de 90% do seu tempo.

## 3. A Unidade Curricular de Gestão da Qualidade do Ar

A introdução desta UC optativa na oferta formativa da FCT tem por objetivo fornecer conhecimentos ao nível técnico-científico e legal de modo a dotar o aluno das ferramentas necessárias à aplicação de procedimentos direcionados para a gestão da qualidade do ar, quer em ambiente atmosférico quer no espaço interior.

A tarefa não se afigura simples. O desafio na execução do processo de ensino-aprendizagem está associado à necessidade de passar conhecimento e competências relativamente complexas a alunos que não têm formação de base suficientemente robusta para apreenderem toda a profundidade dos problemas a tratar. No entanto, é possível atuar pedagogicamente, sensibilizando de forma fundamentada os futuros mestres em *Eng. Civil* e em *Arquitetura e Urbanismo* para a importância do recurso ar, cuja qualidade depende da forma como serão projetados e construídos, por estes futuros profissionais, os edifícios e as cidades de amanhã.

O ar não tem fronteiras e o ser humano necessita de ar em quantidade e qualidade de forma contínua, pelo que a garantia da sua correta gestão é fundamental para a saúde e bem-estar da população em geral, rumo a uma sociedade que se pretende resiliente e sustentável.

### 3.1 Estrutura

A UC de *Gestão da Qualidade do Ar* terá uma carga horária de 125h, dividida em 48h letivas de contacto e 77h de estudo individual. O estudo individual será usado, entre outras tarefas, para a execução assíncrona de atividades propostas pelo docente. Incluem-se nestas atividades, a realização do trabalho temático proposto e o estudo autónomo, estimulado por temas de reflexão sugeridos pelo docente ao longo da execução pedagógica da UC. Este tempo de trabalho individual, se assim os alunos o entenderem, poderá ser apoiado por ligação síncrona à distância com o docente através do Zoom Colibri ou, de forma assíncrona, via plataforma CANVAS ou email.

Os alunos podem usar igualmente o tempo de contacto presencial síncrono para discutir questões associadas à temática da UC, tirar dúvidas ou obter orientação para os trabalhos propostos.

A execução pedagógica da UC é complementada por uma visita de estudo. Desta atividade deverá resultar um documento sucinto de reflexão que irá contribuir como elemento de avaliação. Para a avaliação, acresce ainda o debate em aulas de temas propostos, o trabalho temático e os testes de avaliação.

### 3.2 Objetivos

No passado ainda recente, o foco da gestão da qualidade do ar estava no ar exterior, sendo que a gestão dos espaços interiores estava mais orientada para o conforto térmico onde, de forma colateral, também acabava por ter lugar a gestão da ventilação, fator chave na QAI. A mudança de paradigma que esta UC apresenta, leva a que os objetivos a alcançar

sejam transversais, vendo a qualidade do ar como um recurso influenciado de forma distinta consoante está no exterior ou no espaço interior, mas que não pode ser abordado de forma independente. A qualidade do ar exterior influencia a QAI, mas esta também pode ter uma importância significativa na primeira, em particular no espaço urbano. Assim, serão definidos objetivos de aprendizagem olhando para o ar como um todo e não algo que pode ser tratado de forma independente, a saber:

- A qualidade do ar enquanto recurso a preservar;
- Fatores que influenciam a qualidade do ar exterior;
- A intercomunicação dos espaços exterior e interior;
- Fatores que influenciam a QAI;
- Gestão da qualidade do ar e impacto na saúde e bem-estar humano;
- Legislação aplicável.

Competências Acessórias (específicas):

- Dominar os conceitos essenciais em poluição atmosférica, nomeadamente:
  - Estrutura vertical da atmosfera;
  - Parâmetros meteorológicos e estabilidade atmosférica;
  - Fundamentos da química da atmosfera;
  - Metodologias para a estimativa de emissões;
  - Monitorização e gestão da qualidade do ar exterior;
  - Impacto dos poluentes atmosféricos na saúde humana;
  - Legislação aplicável.
- Dominar os conceitos essenciais em QAI, nomeadamente:
  - Importância da escolha da localização e da arquitetura do edifício;
  - Poluentes e suas fontes de emissão;
  - Interface interior / exterior: dinâmica das circulações no interior do edifício;
  - Ventilação, infiltração e descontaminação;
  - Monitorização e gestão da QAI;
  - Impacto dos poluentes do ar interior na saúde humana;
  - Legislação aplicável.

No final desta UC, os alunos serão capazes de:

- **Explicar as razões da importância do ar enquanto recurso a preservar.**

Os alunos deverão ficar sensibilizados para a necessidade de preservação de um recurso essencial à vida. Um recurso que não tem fronteiras, sendo portanto uno, quer se encontre no exterior quer se encontre no interior dos edifícios.

- **Descrever os fundamentos da física e química do ar interior e exterior.**

Os alunos serão capazes de descrever os princípios elementares da física e química da atmosfera e do ar dos espaços interiores.

- **Explicar como são construídas as bases de dados de emissões.**

Os alunos ficarão conhecedores da forma de como são construídas as bases de dados de emissões, em particular as diferentes metodologias de estimativa e erros associados.

- **Estabelecer estratégias para a gestão da qualidade do ar ambiente.**

O que medir, como, onde e porquê. Os alunos ficarão conhecedores da importância das redes de monitorização e como a informação coletada é crucial para a definição de planos de controlo. Apresentação e debate de casos de estudo de gestão da qualidade do ar no espaço urbano.

- **Explicar as razões da importância da qualidade do ar atmosférico e da QAI.**

Os alunos saberão explicar as razões da importância da qualidade do ar exterior usado na ventilação dos edifícios e do impacto das extrações na qualidade do ar exterior. Quando, quanto e como ventilar. Identificar o impacto da qualidade do ar na saúde humana.

- **Estabelecer estratégias para a gestão da qualidade do ar interior.**

O papel das auditorias aos edifícios: Planeamento e execução. Os alunos serão igualmente conhecedores das diversas estratégias para o controlo da QAI, também numa perspetiva de eficiência dos consumos energéticos.

- **Interpretar a Legislação aplicável à gestão do recurso ar.**

Os alunos serão capazes de interpretar a legislação relevante em matéria de qualidade do ar.

### **3.3 Programa da Unidade Curricular**

A condução do processo ensino-aprendizagem será executada de acordo com programa apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Programa, distribuição dos tempos letivos e ECTS por tipologia

Conteúdos	Horas Contacto	Estudo Individual (h)	ECTS (1 ECTS = 25h)	Bibliografia
	(TP)			
<b>1. Introdução</b>	20	30	2	[1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 38, 39, 40]
1.1 Ar um recurso uno a preservar				
1.2 O ar ambiente				
1.3 O ar em ambientes interiores				
<b>2. A atmosfera</b>				
2.1 Caracterização da atmosfera				
2.2 Poluentes atmosféricos e suas fontes emissoras				
2.2.1 Poluentes atmosféricos				
2.2.2 Inventários de emissões de poluentes atmosféricos				
2.2.3 Legislação aplicável às emissões atmosféricas				
2.3 Os poluentes na atmosfera				
2.3.1 A Química da atmosfera				
2.3.2 Transporte e dispersão de poluentes atmosféricos				
2.4. Gestão da qualidade do ar atmosférico				
2.4.1 Estratégias de controlo e gestão da qualidade do ar				
2.4.2 Impacte na saúde humana da qualidade do ar				
2.4.3 Legislação aplicável à qualidade do ar ambiente				
<b>3. O ar no ambiente interior</b>	20	30	2	[7, 15, 20, 22, 25, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42]
3.1 Fatores que afetam a qualidade do ar interior				
3.1.1 Local de implantação e arquitetura do edifício				
3.1.2 Fatores meteorológicos e micrometeorológicos				
3.1.3 Qualidade do ar da envolvente				
3.1.4 Ventilação, infiltração e descontaminação				
3.1.5 Emissão de poluentes no espaço interior				
3.2 Poluentes e principais fontes emissoras				
3.2.1 Poluentes físico-químicos				
3.2.2 Poluentes microbiológicos				
3.3 Gestão da qualidade do ar interior (QAI)				
3.3.1 Monitorização dos poluentes do ar interior				
3.3.2 Auditorias ambientais ao edifício				
3.3.3 Estratégias de controlo: Medidas preventivas e corretivas				
3.3.4 Legislação aplicável à qualidade do ar interior. Ventilação				
3.3.5 Legislação aplicável à qualidade do ar interior. Verificação da conformidade da concentração dos poluentes				
Visita de Estudo e respetivo relatório/Trabalho temático em grupo /temas de reflexão para debate em sala de aula /Avaliação escrita individual	8	17	1	
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	<b>77</b>	<b>5</b> 125	

Como pode ser observado na Tabela 1, o programa da UC está essencialmente dividido em três capítulos. Um orientado para a introdução do tema que, pelas suas características transversais, foi considerado à parte, um segundo, reservado para tratar do *Ar Ambiente* e um terceiro, orientado para o *Ar no Ambiente Interior*.

O primeiro capítulo é meramente introdutório, estando reservado para a sua lecionação apenas 1,5h. Por questões práticas, este capítulo foi agrupado à execução pedagógica do segundo capítulo, tendo-lhe sido atribuídas globalmente 20h presenciais de contacto e dois ECTS. Para o terceiro capítulo, foram reservadas igualmente 20h presenciais de contacto e dois ECTS. O trabalho individual atribuído é de 60h, igualmente distribuído pelos segundo e terceiro capítulos. Não está previsto trabalho individual para o primeiro capítulo.

Nos Capítulos 2 e 3, relativos à qualidade do ar ambiente e interior, o programa está estruturado de forma a levar o aluno a compreender quais os principais elementos forçadores destes ambientes, formas de monitorização e, por fim, de controlo e gestão do ar nestes espaços.

Como complemento da execução pedagógica da UC e valorizado em sede de avaliação de desempenho do aluno, são propostas atividades como: (i) participação na visita de estudo, da qual deve resultar um relatório sucinto; (ii) nível de participação nos debates em aula dos temas de reflexão propostos pelo docente; (iii) desenvolvimento de um trabalho temático em grupo, do qual se espera um relatório escrito e uma apresentação e defesa em sala de aula e, por fim, (iv) avaliação escrita individual.

### **3.4 Plano de lecionação**

A planificação da UC está pensada para um semestre de 16 semanas, com duas aulas por semana de 1,5h cada, isto é, 32 aulas, num total de 48h de contacto. A distribuição dos conteúdos a ministrar está prevista da seguinte forma:

1. Introdução; Ar um recurso a preservar; O ar ambiente; O ar no ambiente interior;
2. A atmosfera; Caracterização da atmosfera;
3. Poluentes atmosféricos e suas fontes emissoras; Monitorização de emissões;
4. Inventários de emissões de poluentes atmosféricos: Objetivos e formas de abordagem ao problema;

5. Inventários de emissões de poluentes atmosféricos: Metodologias para a estimativa de emissões;
6. Inventários de emissões de poluentes atmosféricos: Modelos para a estimativa de emissões;
7. Inventários de emissões de poluentes atmosféricos: Exercícios de aplicação;
8. Legislação aplicável às emissões atmosféricas;
9. Os poluentes na atmosfera; A Química da atmosfera: principais ciclos da química da atmosfera de fundo;
10. Os poluentes na atmosfera; A Química da atmosfera: principais ciclos da química da atmosfera urbana;
11. Transporte e dispersão de poluentes atmosféricos: Principais variáveis meteorológicas; Camada limite atmosférica;
12. Transporte e dispersão de poluentes atmosféricos: Estabilidade atmosférica;
13. Gestão da qualidade do ar atmosférico: Metodologias de monitorização: o quê, onde, quando e porquê;
14. Estratégias de controlo e gestão da qualidade do ar: Apresentação de estudos de caso de planos para a melhoria da qualidade do ar;
15. Impacto na saúde humana da qualidade do ar;
16. Legislação aplicável à qualidade do ar ambiente;
17. Primeiro momento de avaliação escrita individual;
18. O ar no ambiente interior; Fatores que afetam a qualidade do ar interior: Local de implantação, arquitetura do edifício, materiais de construção; Fatores meteorológicos e micrometeorológicos;
19. O ar no ambiente interior; Fatores que afetam a qualidade do ar interior: Qualidade do ar da envolvente; Ventilação, infiltração e descontaminação; Emissão de poluentes no espaço interior; Breve sensibilização para a importância do binómio ventilação /eficiência energética;
20. Poluentes e principais Fontes emissoras: Poluentes físico-químicos;
21. Poluentes e principais Fontes emissoras: Poluentes físico-químicos: Efeitos na saúde;
22. Poluentes microbiológicos e suas condições de desenvolvimento e propagação;

23. Poluentes e principais Fontes emissoras: Poluentes microbiológicos. Efeitos na saúde;
24. Poluentes e principais Fontes emissoras: Poluentes microbiológicos: O caso específico da *Legionella*;
25. Gestão da qualidade do ar interior (QAI); Monitorização dos poluentes do ar interior;
26. Gestão da qualidade do ar interior (QAI); Auditorias ambientais ao edifício;
27. Gestão da qualidade do ar interior (QAI); Estratégias de controlo: Medidas preventivas e corretivas;
28. Legislação aplicável à qualidade do ar interior: Ventilação;
29. Legislação aplicável à qualidade do ar interior: Verificação da conformidade da concentração dos poluentes;
30. Segundo momento de avaliação escrita individual;
31. Apresentação e defesa do trabalho temático pelos diferentes grupos;
32. Visita de estudo.

### **3.5 Conteúdos a lecionar**

Neste ponto, serão descritos de forma detalhada os conteúdos de cada uma das aulas, bem como os recursos e as referências bibliográficas de apoio. De forma generalizada, todo o material bibliográfico em formato digital, bem como o ficheiro PowerPoint usado em cada uma das aulas, será disponibilizado com antecedência na área da UC criada para o efeito na plataforma CANVAS.

#### ***3.5.1 Primeiro Capítulo: Introdução***

Ao primeiro capítulo foi reservada apenas uma aula. É feita uma introdução à temática da UC, expondo um conceito fundamental, muitas vezes esquecido, de que o ar é um recurso uno, não perdendo a sua identidade por se encontrar no ambiente atmosférico ou confinado. Da sua disponibilidade em quantidade e em qualidade depende a saúde e o bem-estar das populações. No entanto, embora não perdendo a sua identidade, está sujeito a forçadores diversos o que justifica a abordagem de forma distinta, quer o recurso se encontre no meio atmosférico quer se encontre em meio confinado.

#### **Aula 1**

É introduzida a UC. São apresentados os objetivos, o plano de lecionação de forma detalhada, bem como o sistema de avaliação. É ainda aconselhada bibliografia de suporte

onde os conceitos ministrados podem ser seguidos e aprofundados. A fechar o tema, os alunos são também informados das competências que deverão possuir no final da UC.

Nesta primeira aula, acresce ainda a marcação, de forma consensual, da data dos dois momentos de avaliação individuais escritos, bem como a data da apresentação e defesa oral do trabalho temático.

Os alunos são igualmente informados que o relatório escrito do trabalho temático é entregue no final do semestre, em formato digital, na área relativa a *Tarefas* do CANVAS. De facto, no início do semestre, é aberta na plataforma CANVAS uma *Tarefa* (Trabalho temático) onde os alunos encontrarão, não só a explicação do que se pretende, como também a data de entrega e informação relativa ao sistema de avaliação desta componente.

Por último, é feita uma breve introdução à temática da UC: Justificada a importância do recurso ar e explicada a razão da sua divisão em ar ambiente e ar interior.

#### Tópicos:

Introdução: Conteúdo, objetivos e resultados. Apresentação do sistema de avaliação e competências a desenvolver. Breve apresentação do recurso ar e da sua importância na saúde e qualidade de vida das populações.

#### Método:

Aula expositiva, demonstrativa e interrogativa.

#### Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- Programa da UC;
- WHO (2016). *Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease*. Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 151135 3;
- WHO (2018). *WHO Housing and health guidelines*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-155037-6.

#### Leitura recomendada:

- A Prüss-Ustün, J Wolf, C Corvalán, R Bos and M Neira (2016). *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from*

*environmental risks*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN 978 92 4 156519 6.

### 3.5.2 Segundo Capítulo: A atmosfera

Neste capítulo, são ministradas 15 aulas, das quais uma, relativa à estrutura vertical da atmosfera, seis relativas a emissões atmosféricas e sete relativas à qualidade do ar.

#### Aula 2

Para a caracterização da atmosfera é introduzido o conceito da sua estrutura vertical, dando especial ênfase à camada limite atmosférica. É apresentada a composição geral da atmosfera e discutido o conceito de poluição e qualidade do ar. Apresentado, de forma breve, o balanço de energia da atmosfera e as escalas temporais e espaciais dos processos atmosféricos.

##### Tópicos:

A atmosfera e sua caracterização; Estrutura vertical da atmosfera; Composição química geral; Radiação e balanço de energia; Escalas temporais e espaciais dos processos atmosféricos.

##### Método:

Aula expositiva, demonstrativa e interrogativa.

##### Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401.

##### Leitura recomendada:

- Stull R. B. (1988). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers. ISBN 90 277 2768 6; 90 277 2769 4.

#### Aula 3

É introduzido o conceito de poluente atmosférico e de fonte emissora. Apresentada de forma breve metodologias para a medição de emissões, em particular em fontes pontuais.

Tópicos:

Poluentes atmosféricos e suas fontes emissoras; Monitorização de emissões em fontes pontuais.

Método:

Aula expositiva, demonstrativa e interrogativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- EPA - Air Emission Measurement Center (EMC). [Em linha]. Disponível em <<https://www.epa.gov/emc/performance-specifications-and-other-monitoring-information>>. [Consultado em 06/12/2020];
- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401;
- Norma NP 2167:2007. Emissões de fontes fixas. Seção de amostragem e plataforma para chaminés ou condutas.

Leitura recomendada:

- EPA - Air Emission Measurement Center (EMC). [Em linha]. Disponível em <<https://www.epa.gov/emc/performance-specifications-and-other-monitoring-information>>. [Consultado em 06/12/2020];
- Norma NP 2167:2007. Emissões de fontes fixas. Secção de amostragem e plataforma para chaminés ou condutas.

**Aula 4**

É introduzido o conceito de inventário de emissões. Associação entre as metodologias de estimativa de emissões e as diversas aplicações deste tipo de inventário.

Tópicos:

Inventários de emissões de poluentes atmosféricos: Objetivos e formas de abordagem ao problema.

Método:

Aula expositiva, demonstrativa e interrogativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- European Environment Agency (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019; Technical guidance to prepare national emission inventories. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-9480-098-5; ISSN 1977-8449; doi:10.2800/293657.

Leitura recomendada:

- **Barros, N.** et al. (2019). APETRO - Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas: Notificação do pedido de derrogação da Tensão Máxima de Vapor (Fuel Quality Vapour Pressure Derogation - Directive 98/70/EC); ANEXO II - Modelação do Ozono (40 Pág.);
- EMISIA (2021b). EU standard vehicle emissions calculator [Em linha]. Disponível em <<https://www.emisia.com/utilities/copert/>>. [Consultado em 10/02/2021];
- **Nelson Barros;** Fontes, T.; Silva, M.P.; Manso, M.C.; Carvalho, A.C.. "Analysis of the effectiveness of the NEC Directive on the tropospheric ozone levels in Portugal". *Atmospheric Environment* 106 (2015): 80-91.

## Aula 5

São apresentadas algumas das metodologias para a construção de Inventários de emissões de poluentes atmosféricos, com especial enfoque nas técnicas para a estimativa de emissões em função da discretização espaço-temporal desejada.

Tópicos:

Inventários de emissões de poluentes atmosféricos: Metodologias para a estimativa de emissões.

Método:

Aula expositiva, demonstrativa e interrogativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- European Environment Agency (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019; Technical guidance to prepare national emission inventories.

Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-9480-098-5; ISSN 1977-8449; doi:10.2800/293657.

Leitura recomendada:

- APA (2021a). Portuguese national inventory report on greenhouse gases, 1990 - 2019; Submitted under the United Nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol [Em linha]. Disponível em <[https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Inventarios/NIR20210415.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/NIR20210415.pdf)>. [Consultado em 10/03/2021];
- APA (2021b). Portuguese informative inventory report 1990 - 2019; Submitted under the NEC Directive (EU) 2016/2284 and the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution [Em linha]. Disponível em <[https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Inventarios/IIR2021.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/IIR2021.pdf)>. [Consultado em 10/03/2021];
- APA (2021c). Portuguese informative inventory report 2017; Chapter 10: Reporting of Gridded Emissions and LPS. Submitted under the NEC Directive (EU) 2016/2284 and the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution [Em linha]. Disponível em <[https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Inventarios/IIRChapter10%28GriddedData%26LPS%29.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/IIRChapter10%28GriddedData%26LPS%29.pdf)>. [Consultado em 10/03/2021];
- EMISIA (2021a). COPERT V [Em linha]. Disponível em <<https://www.emisia.com/utilities/copert/>>. [Consultado em 10/02/2021].

## **Aula 6**

Nesta aula será demonstrada a importância do recurso a modelos para estimativa de emissões, em particular para a estimativa das emissões rodoviárias. Será apresentado como exemplo o modelo “COPERT”.

Tópicos:

Inventários de emissões de poluentes atmosféricos: Modelos para a estimativa de emissões.

Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;

- EMISIA (2021b). COPERT V [Em linha]. Disponível em <<https://copert.emisia.com/w/Copert>>. [Consultado em 10/02/2021];
- European Environment Agency (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019; Technical guidance to prepare national emission inventories*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-9480-098-5; ISSN 1977-8449; doi:10.2800/293657.

Leitura recomendada:

- EMISIA (2021a). COPERT V [Em linha]. Disponível em <<https://www.emisia.com/utilities/copert/>>. [Consultado em 10/02/2021].

## Aula 7

Inventários de emissões de poluentes atmosféricos: Exercícios de aplicação.

Tópicos:

Proposta de construção de inventários de emissões para casos reais. Trabalho de grupo desenvolvido sob proposta dos alunos de cada grupo.

Método:

Aula demonstrativa e ativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- EMISIA (2021b). COPERT V [Em linha]. Disponível em <<https://copert.emisia.com/w/Copert>>. [Consultado em 10/02/2021];
- European Environment Agency (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019; Technical guidance to prepare national emission inventories*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-9480-098-5; ISSN 1977-8449; doi:10.2800/293657.

Leitura recomendada:

Não aplicável.

## Aula 8

Esta aula será dedicada à apresentação do quadro legislativo nacional e da União Europeia (UE) relativo a emissões atmosféricas.

Tópicos:

Legislação aplicável às emissões atmosféricas; Apresentação do quadro legal responsável pela gestão das emissões atmosférica em Portugal e na UE.

Método:

Aula expositiva.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- Decreto-lei 39/2018, de 11 de junho. Estabelece o regime da prevenção e controlo das emissões de poluentes para o ar, transpondo para o direito nacional o disposto na Diretiva (UE) n.º 2015/2193, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de novembro de 2015.

Leitura recomendada:

- Decreto-lei 39/2018, de 11 de junho. Estabelece o regime da prevenção e controlo das emissões de poluentes para o ar, transpondo para o direito nacional o disposto na Diretiva (UE) n.º 2015/2193, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de novembro de 2015.

## **Aula 9**

Esta aula será orientada para uma breve abordagem à química da atmosfera. Serão apresentados os ciclos químicos mais relevantes da química da atmosfera de fundo.

Tópicos:

Os poluentes na atmosfera; A Química da atmosfera: principais ciclos da química da atmosfera de fundo.

Método:

Aula expositiva.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401.

Leitura recomendada:

- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401.

## **Aula 10**

Esta aula será dedicada à apresentação e discussão dos principais ciclos químicos da atmosfera urbana poluída. Será dada especial atenção ao papel dos radicais hidroxilo, hidroperóxido e nitrato, bem como ao ciclo de dióxido de azoto e ozono.

Tópicos:

Os poluentes na atmosfera; A Química da atmosfera: principais ciclos da química da atmosfera urbana poluída.

Método:

Aula expositiva.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401.

Leitura recomendada:

- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401.

## **Aula 11**

Esta aula será dedicada a uma breve introdução à física da atmosfera, com especial foco na apresentação das principais variáveis meteorológicas, bem como a caracterização da camada limite atmosférica e o seu papel no transporte e dispersão de poluentes.

Tópicos:

Transporte e dispersão de poluentes atmosféricos: Principais variáveis meteorológicas; Camada limite atmosférica.

Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401.

Leitura recomendada:

- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401;
- Stull R. B. (1988). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers. ISBN 90 277 2768 6; 90 277 2769 4.

## Aula 12

Nesta aula, será apresentado o conceito de estabilidade atmosférica e sua importância na explicação das condições de dispersão atmosférica. Serão igualmente apresentadas algumas das situações de inversão térmica mais comuns.

Tópicos:

Transporte e dispersão de poluentes atmosféricos: Estabilidade atmosférica.

Método:

Aula expositiva.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401.

Leitura recomendada:

- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401;
- Stull R. B. (1988). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers. ISBN 90 277 2768 6; 90 277 2769 4.

### Aula 13

Nesta aula, serão apresentadas algumas das metodologias mais comuns associadas à gestão da qualidade do ar, nomeadamente, formas de monitorização da qualidade do ar e cenários de controlo de emissões.

Tópicos:

Gestão da qualidade do ar atmosférico: Metodologias de monitorização: o quê, onde, quando e porquê. Definição e avaliação de cenários de emissões.

Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro. Estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente;
- Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio. Altera o regime de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo a [Diretiva \(UE\) 2015/1480](#). É republicado, no anexo ii do presente decreto-lei, do qual faz parte integrante, o [Decreto-Lei n.º 102/2010](#), de 23 de setembro, com a redação atual;
- John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401.

Leitura recomendada:

- **Barros, N.**; Fontes, T.; Silva, M.P.; Manso, M.C. (2013). "How wide should be the adjacent area to an urban motorway to prevent potential health impacts from

- traffic emissions?". *Transportation Research Part A:Policy and Practice* 50 4:113-128. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.021>;
- Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro. Estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente;
  - Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio. Altera o regime de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo a [Diretiva \(UE\) 2015/1480](#). É republicado, no anexo ii do presente decreto-lei, do qual faz parte integrante, o [Decreto-Lei n.º 102/2010](#), de 23 de setembro, com a redação atual;
  - Fontes, Tânia; Li, Peilin; **Nelson Barros**; Zhao, Pengjun (2018). "A proposed methodology for impact assessment of air quality traffic-related measures: The case of PM2.5 in Beijing". *Environmental Pollution* 239: 818-828. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.061>;
  - Fontes, Tânia; Li, Peilin; **Nelson Barros**; Zhao, Pengjun (2017). "Trends of PM 2.5 concentrations in China: A long term approach". *Journal of Environmental Management* 196: 719-732. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.074>.

#### Aula 14

Nesta aula serão apresentados estudos de caso relativos ao controlo de emissões, nomeadamente, planos para a melhoria da qualidade do ar no espaço urbano.

##### Tópicos:

Estratégias de controlo e gestão da qualidade do ar: Apresentação de estudos de caso de planos para a melhoria da qualidade do ar

##### Método:

Aula expositiva, demonstrativa e interrogativa.

##### Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- Fontes, Tânia; Li, Peilin; **Nelson Barros**; Zhao, Pengjun (2018). "A proposed methodology for impact assessment of air quality traffic-related measures: The case of PM2.5 in Beijing". *Environmental Pollution* 239: 818-828. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.061>;

- Monjardino, J.; **Nelson Barros**; Ferreira, F.; Tente, H.; Fontes, T.; Pereira, P.; Manso, C. (2018). "Improving Air Quality in Lisbon: modelling emission abatement scenarios". *IFAC-PapersOnLine* 51 5: 61-66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.06.211>;
- **Nelson Barros**; Fontes, T.; Silva, M.P.; Manso, M.C.; Carvalho, A.C. (2015). "Analysis of the effectiveness of the NEC Directive on the tropospheric ozone levels in Portugal". *Atmospheric Environment* 106: 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.056>;
- Tânia Fontes; Luís Silva; Márcia Silva; **Barros, N.**; Ana Cristina Carvalho (2014). "Can artificial neural networks be used to predict the origin of ozone episodes?". *Science of the Total Environment* 488-489C: 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.077>.

Leitura recomendada:

- Francisco Ferreira, Ana Ferreira, Hugo Maciel, Hugo Tente, Joana Monjardino, João Rodrigues, Paulo Pereira, Sofia Teixeira, **Nelson Barros**, Tânia Fontes (2016). Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região de Lisboa e Vale do Tejo para os Poluentes Partículas PM10 e Dióxido De Azoto nas Aglomerações da Área Metropolitana de Lisboa Norte e Área Metropolitana de Lisboa Sul. Relatório FINAL (135 Pág.);
- Francisco Ferreira, Ana Ferreira, Hugo Maciel, Hugo Tente, Joana Monjardino, João Rodrigues, Paulo Pereira, Sofia Teixeira, **Nelson Barros**, Tânia Fontes (2016). Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da região de Lisboa e Vale do Tejo para os poluentes partículas PM10 e dióxido de azoto nas aglomerações da Área Metropolitana de Lisboa Norte e Área Metropolitana de Lisboa Sul. Inventário de Emissões Atmosféricas da Região de Lisboa e Vale do Tejo 2011 - 2014 (185 Pág.).

## Aula 15

Nesta aula será apresentado o impacto na saúde humana da qualidade do ar ambiente.

### Tópicos:

Impacto da qualidade do ar na saúde humana da qualidade do ar ambiente.

### Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- Meng Gao, Zifa Wang and Gregory Carmichael (2021). *Air Pollution, Climate, and Health: An Integrated Perspective on Their Interactions*. Amsterdam, Elsevier. ISBN 0128201231, 9780128201237
- Srikanth S. Nadadur and John W. Hollingsworth (2016). *Air Pollution and Health Effects*. London, Springer. ISBN 144717092X, 9781447170921;
- WHO (2016). *Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease*. Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 151135 3.

Leitura recomendada:

- WHO (2015). *Reducing Global Health Risks Through Mitigation of Short-Lived Climate Pollutants. Scoping Report For Policy-makers*. Elaine Fletcher, Science Editor. Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 156508 0.

**Aula 16**

Será apresentada a Legislação aplicável à qualidade do ar ambiente.

Tópicos:

Legislação aplicável à qualidade do ar ambiente.

Método:

Aula expositiva.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro. Estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente;
- Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio. Altera o regime de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo a [Diretiva \(UE\) 2015/1480](#). É republicado, no anexo ii do presente decreto-lei, do qual faz parte integrante, o [Decreto-Lei n.º 102/2010](#), de 23 de setembro, com a redação atual.

Leitura recomendada:

- Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro. Estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente;
- Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio. Altera o regime de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo a [Diretiva \(UE\) 2015/1480](#). É republicado, no anexo ii do presente decreto-lei, do qual faz parte integrante, o [Decreto-Lei n.º 102/2010](#), de 23 de setembro, com a redação atual.

**Aula 17**

Primeiro momento de avaliação escrita individual. Matéria em avaliação relativa às primeiras 16 aulas.

*3.5.3 Terceiro Capítulo: O ar no ambiente interior*

Neste capítulo, são ministradas 12 aulas, das quais duas, relativas aos fatores que afetam a qualidade do ar interior, cinco relativas aos poluentes e principais fontes emissoras e, por último, mais cinco aulas relativas gestão da qualidade do ar interior.

**Aula 18**

Nesta aula será feita a introdução à qualidade do ar interior (QAI), sendo apresentados alguns fatores que a influenciam, como o local de implantação e a arquitetura do edifício, a meteorologia e a micrometeorologia do local.

Tópicos:

O ar no ambiente interior: Fatores que afetam a qualidade do ar interior: Local de construção e arquitetura do edifício; Fatores meteorológicos e micrometeorológicos.

Método:

Aula expositiva, demonstrativa e interrogativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144.

Leitura recomendada:

- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- US-EPA (2015). *Building Air Quality Guide: Sec. 7 - Mitigating Indoor Air Quality Problems*. [Em linha]. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec\\_7.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec_7.pdf)> [Consultado em 4 junho 2021].

**Aula 19**

Nesta aula, dá-se continuidade ao tema iniciado na aula anterior, dando-se ênfase desta vez a outros fatores que influenciam a QAI, como a qualidade do ar da envolvente, a taxa de ventilação, infiltração e nível de descontaminação. São ainda apresentados fatores que influenciam a emissão de poluentes no espaço interior, como os materiais de construção e de decoração, a atividade dos ocupantes e as rotinas de limpeza e manutenção.

Tópicos:

O ar no ambiente interior: Fatores que afetam a qualidade do ar interior: Qualidade do ar da envolvente; Ventilação, infiltração e descontaminação; Emissão de poluentes no espaço interior.

Método:

Aula expositiva, demonstrativa e interrogativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144.

Leitura recomendada:

- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- Heberle, Sandra Magali; Lorini, Claudia; Rosa, Michele S.G.; Nelson Barros. "Evaluation of bus driver exposure to nitrogen dioxide levels during working hours".

*Atmospheric Environment* 216 (2019): 116906.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116906>.

- Nelson Barros; Carvalho, Márcia; Silva, Cláudia; Fontes, Tânia; Prata, Joana C.; Sousa, André; Manso, M. Conceição. "Environmental and biological monitoring of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) exposure in residents living near gas stations". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 82 9 (2019): 550-563. <http://dx.doi.org/10.1080/15287394.2019.1634380>;
- US-EPA (2015). Building Air Quality Guide: Sec. 7 - Mitigating Indoor Air Quality Problems. [Em linha]. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec\\_7.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec_7.pdf)> [Consultado em 4 junho 2021].

## Aula 20

Nesta aula, são apresentados os principais poluentes físico-químicos do ar interior, bem como as suas principais fontes emissoras.

### Tópicos:

Poluentes e principais Fontes emissoras: Poluentes físico-químicos

### Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

### Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- WHO (2009). *WHO handbook on indoor radon: a public health perspective*. Ed by Hajo Zeeb, and Ferid Shannoun, France, WHO Press. ISBN 978 92 4 154767 3;
- WHO (2010). *WHO guidelines for IAQ: selected pollutants*. Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 154887 8 (print); ISBN 978 92 4 154888 5 (CD-ROM);
- WHO (2014). *WHO indoor air quality guidelines: household fuel combustion.*, Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 154887 8 (print); ISBN 978 92 4 154888 5 (CD-ROM).

Leitura recomendada:

- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- Heberle, Sandra Magali; Lorini, Claudia; Rosa, Michele S.G.; Nelson Barros. "Evaluation of bus driver exposure to nitrogen dioxide levels during working hours". *Atmospheric Environment* 216 (2019): 116906. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116906>.
- Nelson Barros; Carvalho, Márcia; Silva, Cláudia; Fontes, Tânia; Prata, Joana C.; Sousa, André; Manso, M. Conceição. "Environmental and biological monitoring of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) exposure in residents living near gas stations". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 82 9 (2019): 550-563. <http://dx.doi.org/10.1080/15287394.2019.1634380>;
- WHO (2010). WHO guidelines for IAQ: selected pollutants. Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 154887 8 (print); ISBN 978 92 4 154888 5 (CD-ROM);
- WHO (2014). *WHO indoor air quality guidelines: household fuel combustion.*, Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 154887 8 (print); ISBN 978 92 4 154888 5 (CD-ROM).

## Aula 21

Nesta aula é dada continuidade à aula anterior, sendo dada especial ênfase aos efeitos na saúde humana dos principais poluentes físico-químicos identificados no ar interior.

Tópicos:

Poluentes e principais Fontes emissoras: Poluentes físico-químicos; Efeitos na saúde

Método:

Aula expositiva.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- WHO (2009). *WHO handbook on indoor radon: a public health perspective*. Ed by Hajo Zeeb, and Ferid Shannoun, France, WHO Press. ISBN 978 92 4 154767 3;

- WHO (2018). *WHO Housing and health guidelines*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-155037-6;
- WHO (2021). *Policies, regulations and legislation promoting healthy housing: a review*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-001129-8 (electronic version) ISBN 978-92-4-001130-4 (print version).

Leitura recomendada:

- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- Heberle, Sandra Magali; Lorini, Claudia; Rosa, Michele S.G.; Nelson Barros. "Evaluation of bus driver exposure to nitrogen dioxide levels during working hours". *Atmospheric Environment* 216 (2019): 116906. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116906>.
- Nelson Barros; Carvalho, Márcia; Silva, Cláudia; Fontes, Tânia; Prata, Joana C.; Sousa, André; Manso, M. Conceição (2019). "Environmental and biological monitoring of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) exposure in residents living near gas stations". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 82 9: 550-563. <http://dx.doi.org/10.1080/15287394.2019.1634380>;
- WHO (2009). *WHO handbook on indoor radon: a public health perspective*. Ed by Hajo Zeeb, and Ferid Shannoun, France, WHO Press. ISBN 978 92 4 154767 3;
- WHO (2018). *WHO Housing and health guidelines*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-155037-6;
- WHO (2021). *Policies, regulations and legislation promoting healthy housing: a review*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-001129-8 (electronic version) ISBN 978-92-4-001130-4 (print version).

## Aula 22

Nesta aula, é feita a introdução à poluição por poluentes microbiológicos, sendo apresentadas as condições que levam ao seu desenvolvimento e propagação no espaço interior.

Tópicos:

Poluentes microbiológicos e suas condições de desenvolvimento e propagação.

Método:

Aula expositiva.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- WHO (2009). *WHO guidelines for IAQ: dampness and mould. Publications WHO Regional Office for Europe*. Copenhagen, Denmark. ISBN 978 92 890 4168 3.

Leitura recomendada:

- Fonseca, Ana; Abreu, Isabel; Guerreiro, Maria; Abreu, Cristina; Silva, Ricardo; **Nelson Barros** (2018). "Indoor Air Quality and Sustainability Management—Case Study in Three Portuguese Healthcare Units". *Sustainability* 11 1. <http://dx.doi.org/10.3390/su11010101>.

## Aula 23

Nesta aula são apresentados os efeitos na saúde humana derivados da poluição por agentes microbiológicos.

Tópicos:

Poluentes e principais Fontes emissoras: Poluentes microbiológicos; Efeitos na saúde

Método:

Aula expositiva.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- WHO (2009). *WHO guidelines for IAQ: dampness and mould. Publications WHO Regional Office for Europe*. Copenhagen, Denmark. ISBN 978 92 890 4168 3;

- WHO (2018). *WHO Housing and health guidelines*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-155037-6.

Leitura recomendada:

- WHO (2009). *WHO guidelines for IAQ: dampness and mould. Publications WHO Regional Office for Europe*. Copenhagen, Denmark. ISBN 978 92 890 4168 3;
- WHO (2018). *WHO Housing and health guidelines*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-155037-6.

## Aula 24

Nesta aula, pela sua relevância, é apresentado o caso específico de contaminação do espaço interior pela bactéria *Legionella spp*, suas condições de desenvolvimento e de propagação e efeitos na saúde humana.

Tópicos:

Poluentes e principais Fontes emissoras: Poluentes microbiológicos, o caso específico da *Legionella spp*

Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- WHO (2007). *LEGIONELLA and the prevention of legionellosis*.- Edited by: Jamie Bartram, Yves Chartier, John V Lee, Kathy Pond and Susanne Surman-Lee. Geneva, WHO Press. ISBN 92 4 156297 8;
- WHO (2021). Legionellosis [Em linha]. Disponível em <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>>. [Consultado em 06/05/2021].

Leitura recomendada:

- WHO (2007). *LEGIONELLA and the prevention of legionellosis*.- Edited by: Jamie Bartram, Yves Chartier, John V Lee, Kathy Pond and Susanne Surman-Lee. Geneva, WHO Press. ISBN 92 4 156297 8;

- WHO (2021). Legionellosis [Em linha]. Disponível em <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>>. [Consultado em 06/05/2021].

## Aula 25

Nesta aula serão apresentados os diversos passos para a gestão da QAI. Como primeiro passo, será explicada a importância e papel da monitorização da QAI; O quê, como, onde e porquê. Estas serão as perguntas que irão orientar esta aula.

### Tópicos:

Gestão da qualidade do ar interior (QAI); Monitorização dos poluentes do ar interior

### Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

### Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- Kathleen Hess-Kosa (2020). *Indoor Air Quality: The Latest Sampling and Analytical Methods*; Third Edition. Boca Raton, CRC Press. ISBN-13: 978-0367656775; ISBN-10: 0367656779.

### Leitura recomendada:

- Fonseca, Ana; Abreu, Isabel; Guerreiro, Maria; Abreu, Cristina; Silva, Ricardo; **Nelson Barros** (2018). "Indoor Air Quality and Sustainability Management—Case Study in Three Portuguese Healthcare Units". *Sustainability* 11 1. <http://dx.doi.org/10.3390/su11010101>;
- H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144;
- Kathleen Hess-Kosa (2020). *Indoor Air Quality: The Latest Sampling and Analytical Methods*; Third Edition. Boca Raton, CRC Press. ISBN-13: 978-0367656775; ISBN-10: 0367656779.

## Aula 26

Nesta aula será apresentado como realizar uma auditoria a um edifício. Definição de um plano de auditoria e implementação do plano de auditoria no terreno. Desenvolvimento, aplicação e interpretação de questionário aos ocupantes de edifícios. Como identificar situações de não conformidade ou de más práticas na gestão da QAI do edifício em avaliação.

### Tópicos:

Gestão da qualidade do ar interior (QAI); Auditorias ambientais ao edifício.

### Método:

Aula expositiva.

### Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- US-EPA (2015). Building Air Quality Guide: Sec. 6 - Diagnosing IAQ Problems. [Em linha]. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec\\_6.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec_6.pdf)> [Consultado em 4 junho 2021].

### Leitura recomendada:

- US-EPA (2015). Building Air Quality Guide: Sec. 6 - Diagnosing IAQ Problems. [Em linha]. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec\\_6.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec_6.pdf)> [Consultado em 4 junho 2021].

## Aula 27

Nesta aula será ensinado como desenvolver um Plano de Ações Corretivas (PAC), isto é, face às diferentes situações mais comuns de não conformidade ou de más práticas na gestão da QAI do edifício em avaliação, serão apresentadas e discutidas soluções corretivas. Serão ainda apresentadas medidas preventivas de forma a evitar as não conformidades anteriormente expostas.

### Tópicos:

Gestão da qualidade do ar interior (QAI); Estratégias de controlo: Medidas Preventivas e corretivas

### Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- US-EPA (2015). Building Air Quality Guide: Sec. 7 - Mitigating Indoor Air Quality Problems. [Em linha]. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec\\_7.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec_7.pdf)> [Consultado em 4 junho 2021].

Leitura recomendada:

- US-EPA (2015). Building Air Quality Guide: Sec. 7 - Mitigating Indoor Air Quality Problems. [Em linha]. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec\\_7.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec_7.pdf)> [Consultado em 4 junho 2021].

**Aula 28**

Nesta aula será feita a apresentação do quadro legal nacional e da UE sobre QAI e feita uma interpretação das peças legislativas relevantes. Aspectos relativos à ventilação.

Tópicos:

Legislação aplicável à qualidade do ar interior; Ventilação dos espaços.

Método:

Aula expositiva e demonstrativa.

Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944.

Leitura recomendada:

- Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944.

## Aula 29

Nesta aula será continuada a apresentação do quadro legal nacional e da UE sobre QAI e feita uma interpretação das peças legislativas relevantes. Verificação da conformidade da concentração dos poluentes.

### Tópicos:

Legislação aplicável à qualidade do ar interior; Verificação da conformidade da concentração dos poluentes.

### Método:

Aula expositiva.

### Bibliografia:

- Apresentação PowerPoint da aula;
- Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944.

### Leitura recomendada:

- Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944.

## Aula 30

Segundo momento de avaliação escrita individual. Matéria em avaliação relativa às aulas 18 e seguintes.

### *3.5.4 Outras atividades*

Neste ponto estão incluídas duas aulas, aulas 31 e 32, a primeira relativa à apresentação e defesa dos trabalhos temáticos realizados pelos alunos e a segunda será de visita de estudo.

## Aula 31

Apresentação e defesa do trabalho temático pelos diferentes grupos em sala de aula.

## Aula 32

Visita de estudo.

### 4. Metodologia de apresentação da Unidade Curricular

Esta UC é teórico-prática, pelo que todo o processo de ensino-aprendizagem se passa essencialmente dentro da sala de aula. Há, no entanto, exceções, como é o caso da visita de estudo e do trabalho temático.

No caso deste último, o desafio lançado aos alunos será sempre de carácter prático e real, como adiante se irá detalhar, pelo que é, para além da visita de estudo, mais uma situação que levará os alunos a desenvolverem as suas competências fora do espaço da sala de aula.

#### 4.1 Aproximação metodológica

Os seguintes métodos são usados no processo de ensino-aprendizagem:

- Apresentação dos conteúdos de forma expositiva e demonstrativa;
- Propostas de problemas reais para, de forma interrogativa, levar os alunos a participarem na discussão para a procura da solução para o problema proposto;
- Proposta de um trabalho temático de pendor real a desenvolver em grupo fora da sala de aula. A definição do tema do trabalho poderá ser feita de forma transversal com outra ou outras UC de forma a criar sinergias e potenciar uma visão integrada do processo de ensino-aprendizagem;
- Este trabalho deverá ser apresentado de forma preliminar a meio do semestre. Esta apresentação, visa ajudar o grupo a estruturar as suas ideias e a estabelecer a sua estratégia de ataque ao problema. Por outro lado, o debate com a(s) turma(s) também ajuda à reflexão e ao ajustamento/alinhamento com os objetivos esperados.
- Apresentação e defesa final perante a(s) turma(s) do trabalho temático;
- Elaboração de um relatório escrito de acordo com o manual de estilo disponível em linha na página da UFP;
- Leitura recomendada sobre os tópicos que estejam a ser tratados, nomeadamente de comunicações internacionais acessíveis via “B-on”.

#### 4.2 Recursos do curso

Os recursos necessários para concretizar a visão metodológica supra apresentada envolvem o trabalho com o material disponibilizado pelo docente na plataforma CANVAS, como slides

das aulas, bibliografia aplicável aos tópicos em lecionação e exercícios, bem como bibliografia disponível na biblioteca digital.

Tipicamente, os slides das aulas são disponibilizados uma semana antes da aula ser lecionada de forma a possibilitar a preparação da mesma pelo aluno.

O desenvolvimento do trabalho temático irá exigir dos alunos uma atitude proactiva de estudo individual autónomo na procura de soluções para o problema proposto. Entenda-se, no entanto, este trabalho individual como um trabalho executado e estimulado para o ser de forma o mais autónoma possível, não deixando, no entanto, o docente de o acompanhar de forma a garantir que o andamento de todo o processo de construção da aprendizagem é correto. Para isso, muito concorre também a apresentação prévia do trabalho perante a turma e o docente. Esta apresentação prévia, ocorre normalmente a meio do semestre, o que permite aos grupos fazerem um ponto de situação do seu trabalho, bem como colocarem /discutirem com os restantes colegas os seus problemas na procura de soluções conjuntas para a construção de um projeto, tanto quanto possível, isento de erros e com soluções criativas. Este tipo de abordagem permite atingir vários objetivos pedagógicos, tais como:

- Desenvolvimento da capacidade de comunicação e apresentação de problemas complexos;
- Capacidade para colocar, de forma estruturada e compreensível, problemas perante uma audiência;
- Capacidade para discutir e construir soluções a partir de sugestões externas ao projeto.

A visita de estudo será, por seu lado, também um momento de aprendizagem externo à sala de aula e que servirá para estimular o aluno perante situações reais associadas à matéria que está a ser lecionada na UC. Os alunos são estimulados a apresentar um pequeno relatório do que presenciaram e a colocar questões que, posteriormente, poderão ser discutidas em sala de aula com a turma.

## 5. Sistema de avaliação

A avaliação da UC será feita ou por avaliação contínua ou por exame final, embora se considere esta última modalidade, uma alternativa de recurso.

A avaliação contínua obriga a uma assiduidade mínima de 50%. O não cumprimento desta assiduidade obriga o aluno a recorrer à avaliação por exame no final de semestre.

A nota final da avaliação contínua é atribuída em função do sucesso nas seguintes componentes:

- Dois testes individuais sem consulta;
- Desenvolvimento de um trabalho temático em grupo;
- Participação e relatório da visita de estudo.

A matéria a ser incluída no primeiro teste corresponde à avaliação do conhecimento e competências relativas a qualidade do ar ambiente.

Assim, serão avaliadas as seguintes competências:

- Saber explicar as razões da importância do ar enquanto recurso uno a preservar;
- Saber descrever os fundamentos da física e química do ar ambiente;
- Saber explicar como são construídas as bases de dados de emissões atmosféricas;
- Saber estabelecer estratégias para a gestão da qualidade do ar ambiente;
- Saber descrever o impacto da qualidade do ar ambiente na saúde humana;
- Saber Interpretar a legislação aplicável à qualidade do ar ambiente.

Este primeiro momento de avaliação corresponde a 2 ECTS.

A matéria a ser incluída no segundo teste corresponde à avaliação do conhecimento e competências relativas a qualidade do ar interior.

Assim, serão avaliadas as seguintes competências:

- Saber listar os principais poluentes do ar interior e suas fontes;
- Saber explicar as razões da importância da qualidade do ar exterior usado na ventilação dos edifícios e do impacto das extrações na qualidade do ar exterior;
- Saber explicar quando, quanto e como ventilar;
- Saber desenhar uma auditoria de QAI a um edifício
- Saber estabelecer estratégias para a gestão da qualidade do ar interior.
- Saber identificar o impacto da qualidade do ar interior na saúde humana.
- Saber interpretar a Legislação aplicável à QAI.

Este segundo momento de avaliação corresponde a 2 ECTS.

A ponderação dos testes será de 70% na nota final. A distribuição será equitativa, isto é, 35% para cada um dos testes.

O restante ECTS, com um peso de 30% da nota final, será atribuído mediante a execução com sucesso do trabalho temático, bem como pela avaliação do relatório de visita de estudo. Esta componente da avaliação visa testar as competências práticas desenvolvidas pelo aluno.

Assim, no trabalho temático, o objeto de estudo, a propor pelo aluno e a validar pelo docente, deverá ter como base um espaço público onde a avaliação da qualidade do ar deverá ser feita de forma holística, isto é, tanto no interior como na sua envolvente. Os alunos, uma vez que o trabalho é em grupo, são estimulados a auditar o espaço de forma qualitativa, identificar não conformidades e a propor soluções. O trabalho deverá ser desenvolvido de forma autónoma e com apoio da biblioteca digital onde o aluno poderá pesquisar através do acesso a recursos como a “b-on” ou a Web of Science.

O trabalho deverá ter no mínimo 2500 palavras e escrito de acordo com o “Manual de elaboração de trabalhos científicos” da UFP (<https://www.ufp.pt/app/uploads/2018/07/Manual-Estilo-Elabora%C3%A7%C3%A3o-trabalhos-cient%C3%ADficos.pdf>). Sendo um trabalho não conducente a grau, o aluno deverá ter em conta as orientações que constam a partir do Artigo 3º e seguintes. Neste manual, no seu Artigo 6º, estão também incluídos os critérios de avaliação, quer do trabalho escrito quer da sua apresentação e defesa, o que permite aos alunos saberem com transparência os aspetos que efetivamente são relevantes quer na escrita quer na apresentação do respetivo trabalho.

O trabalho temático visa consolidar de forma prática as competências trabalhadas e avaliadas de forma teórica, quer em termos do ar ambiente quer do ar dos espaços interiores e respetivo impacto na saúde humana.

O trabalho temático (TT) terá um peso de 25% na nota final, sendo que 75% desta nota é atribuída ao relatório escrito a entregar na plataforma CANVAS e 25% relativos à apresentação e defesa do trabalho. Esta última componente é feita perante a turma, sendo que esta é estimulada a colocar questões no final das apresentações.

Por seu lado, o relatório de visita de estudo deverá ser desenvolvido de forma individual e autónoma pelos alunos que participarem na saída de campo. Este trabalho deverá ter no mínimo 800 palavras sendo avaliado de acordo com o conteúdo da introdução teórica, clareza da descrição da visita e qualidade gráfica do relatório. Esta componente, participação na visita de estudo e respetivo relatório, tem um peso de 5% na nota final.

Em síntese, a avaliação final será dada em função da seguinte fórmula:

**Avaliação final** = 0,7 x Média da classificação dos testes + 0,25 x Classificação do TT  
+ 0,05 x Classificação obtida no relatório de visita de estudo

## 6. Referências e bibliografia

1. A Prüss-Ustün, J Wolf, C Corvalán, R Bos and M Neira (2016). *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN 978 92 4 156519 6.
2. APA (2021a). Portuguese national inventory report on greenhouse gases, 1990 - 2019; Submitted under the United Nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol [Em linha]. Disponível em <[https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Inventarios/NIR20210415.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/NIR20210415.pdf)>. [Consultado em 10/03/2021];
3. APA (2021b). Portuguese informative inventory report 1990 - 2019; Submitted under the NEC Directive (EU) 2016/2284 and the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution [Em linha]. Disponível em <[https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Inventarios/IIR2021.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/IIR2021.pdf)>. [Consultado em 10/03/2021];
4. APA (2021c). Portuguese informative inventory report 2017; Chapter 10: Reporting of Gridded Emissions and LPS. Submitted under the NEC Directive (EU) 2016/2284 and the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution [Em linha]. Disponível em <[https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Inventarios/IIRChapter10%28GriddedData%26LPS%29.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/IIRChapter10%28GriddedData%26LPS%29.pdf)>. [Consultado em 10/03/2021];
5. Barros, N. et al. (2019). APETRO - Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas: Notificação do pedido de derrogação da Tensão Máxima de Vapor (Fuel Quality Vapour Pressure Derogation - Directive 98/70/EC); ANEXO II - Modelação do Ozono (40 Pág.).
6. Barros, N.; Fontes, T.; Silva, M.P.; Manso, M.C. (2013). "How wide should be the adjacent area to an urban motorway to prevent potential health impacts from traffic emissions?". *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 50 4:113-128. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.021>
7. Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro. Estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/844 e parcialmente a Diretiva (UE) 2019/944.

8. Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro. Estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente.
9. Decreto-lei n.º 39/2018, de 11 de junho. Estabelece o regime da prevenção e controlo das emissões de poluentes para o ar, transpondo para o direito nacional o disposto na Diretiva (UE) n.º 2015/2193, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de novembro de 2015.
10. Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio. Altera o regime de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo a [Diretiva \(UE\) 2015/1480](#). É republicado, no anexo ii do presente decreto-lei, do qual faz parte integrante, o [Decreto-Lei n.º 102/2010](#), de 23 de setembro, com a redação atual.
11. EMISIA (2021a). EU standard vehicle emissions calculator [Em linha]. Disponível em <<https://www.emisia.com/utilities/copert/>>. [Consultado em 10/02/2021].
12. EMISIA (2021b). EU standard vehicle emissions calculator COPERT V [Em linha]. Disponível em <<https://copert.emisia.com/w/Copert>>. [Consultado em 10/02/2021].
13. EPA - Air Emission Measurement Center (EMC). [Em linha]. Disponível em <<https://www.epa.gov/emc/performance-specifications-and-other-monitoring-information>>. [Consultado em 06/12/2020].
14. European Environment Agency (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019; Technical guidance to prepare national emission inventories. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-9480-098-5; ISSN 1977-8449; doi:10.2800/293657.
15. Fonseca, Ana; Abreu, Isabel; Guerreiro, Maria; Abreu, Cristina; Silva, Ricardo; **Nelson Barros** (2018). "Indoor Air Quality and Sustainability Management—Case Study in Three Portuguese Healthcare Units". *Sustainability* 11 1. <http://dx.doi.org/10.3390/su11010101>.
16. Fontes, Tânia; Li, Peilin; **Nelson Barros**; Zhao, Pengjun (2017). "Trends of PM 2.5 concentrations in China: A long term approach". *Journal of Environmental Management* 196: 719-732. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.074>.
17. Fontes, Tânia; Li, Peilin; **Nelson Barros**; Zhao, Pengjun (2018). "A proposed methodology for impact assessment of air quality traffic-related measures: The case of PM2.5 in Beijing". *Environmental Pollution* 239: 818-828. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.061>.
18. Francisco Ferreira, Ana Ferreira, Hugo Maciel, Hugo Tente, Joana Monjardino, João Rodrigues, Paulo Pereira, Sofia Teixeira, **Nelson Barros**, Tânia Fontes (2016). Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região de Lisboa e Vale do Tejo para os Poluentes

- Partículas PM10 e Dióxido De Azoto nas Aglomerações da Área Metropolitana de Lisboa Norte e Área Metropolitana de Lisboa Sul. Relatório FINAL (135 Pág.);
19. Francisco Ferreira, Ana Ferreira, Hugo Maciel, Hugo Tente, Joana Monjardino, João Rodrigues, Paulo Pereira, Sofia Teixeira, **Nelson Barros**, Tânia Fontes (2016). Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da região de Lisboa e Vale do Tejo para os poluentes partículas PM10 e dióxido de azoto nas aglomerações da Área Metropolitana de Lisboa Norte e Área Metropolitana de Lisboa Sul. Inventário de Emissões Atmosféricas da Região de Lisboa e Vale do Tejo 2011 - 2014 (185 Pág.).
  20. H.E. Burroughs and Shirley J. Hansen (2020). *Managing Indoor Air Quality*; 5th Edition. Denmark, River Publishers. ISBN-13: 978-1439870143; ISBN-10: 1439870144
  21. Heberle, Sandra Magali; Lorini, Claudia; Rosa, Michele S.G.; **Nelson Barros** (2019). "Evaluation of bus driver exposure to nitrogen dioxide levels during working hours". *Atmospheric Environment* 216: 116906. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.116906>.
  22. John H. Seinfeld & Spyros N. Pandis (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Hoboken, Wiley; 3rd edition. ISBN-10: 1118947401; ISBN-13: 978-1118947401
  23. Kathleen Hess-Kosa (2020). *Indoor Air Quality: The Latest Sampling and Analytical Methods*; Third Edition. Boca Raton, CRC Press. ISBN-13: 978-0367656775; ISBN-10: 0367656779
  24. Meng Gao, Zifa Wang and Gregory Carmichael (2021). *Air Pollution, Climate, and Health: An Integrated Perspective on Their Interactions*. Amsterdam, Elsevier. ISBN 0128201231, 9780128201237
  25. Monjardino, J.; **Nelson Barros**; Ferreira, F.; Tente, H.; Fontes, T.; Pereira, P.; Manso, C. (2018). "Improving Air Quality in Lisbon: modelling emission abatement scenarios". *IFAC-PapersOnLine* 51 5: 61-66.
  26. **Nelson Barros**; Carvalho, Márcia; Silva, Cláudia; Fontes, Tânia; Prata, Joana C.; Sousa, André; Manso, M. Conceição (2019). "Environmental and biological monitoring of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) exposure in residents living near gas stations". *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 82 9: 550-563. <http://dx.doi.org/10.1080/15287394.2019.1634380>
  27. **Nelson Barros**; Fontes, T.; Silva, M.P.; Manso, M.C.; Carvalho, A.C. (2015). "Analysis of the effectiveness of the NEC Directive on the tropospheric ozone levels in Portugal". *Atmospheric Environment* 106: 80-91.
-

28. Norma NP 2167:2007. Emissões de fontes fixas. Seção de amostragem e plataforma para chaminés ou condutas.
29. Srikanth S. Nadadur and John W. Hollingsworth (2016). *Air Pollution and Health Effects*. London, Springer. ISBN 144717092X, 9781447170921;
30. Stull R. B. (1988). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers. ISBN 90 277 2768 6; 90 277 2769 Norma NP 2167:2007. Emissões de fontes fixas. Seção de amostragem e plataforma para chaminés ou condutas.
31. Tânia Fontes; Luís Silva; Márcia Silva; Barros, N.; Ana Cristina Carvalho (2014). "Can artificial neural networks be used to predict the origin of ozone episodes?". *Science of the Total Environment* 488-489C: 197-207.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.077>.
32. US-EPA (2015). Building Air Quality Guide: Sec. 6 - Diagnosing IAQ Problems. [Em linha]. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec\\_6.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec_6.pdf)> [Consultado em 4 junho 2021].
33. US-EPA (2015). Building Air Quality Guide: Sec. 7 - Mitigating Indoor Air Quality Problems. [Em linha]. Disponível em <[https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec\\_7.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/sec_7.pdf)> [Consultado em 4 junho 2021].
34. WHO (2007). *LEGIONELLA and the prevention of legionellosis*.- Edited by: Jamie Bartram, Yves Chartier, John V Lee, Kathy Pond and Susanne Surman-Lee. Geneva, WHO Press. ISBN 92 4 156297 8
35. WHO (2009). *WHO guidelines for IAQ: dampness and mould. Publications WHO Regional Office for Europe*. Copenhagen, Denmark. ISBN 978 92 890 4168 3.
36. WHO (2009). *WHO handbook on indoor radon: a public health perspective*. Ed by Hajo Zeeb, and Ferid Shannoun, France, WHO Press. ISBN 978 92 4 154767 3
37. WHO (2010). *WHO guidelines for IAQ: selected pollutants*. Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 154887 8 (print); ISBN 978 92 4 154888 5 (CD-ROM).
38. WHO (2014). *WHO indoor air quality guidelines: household fuel combustion*., Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 154887 8 (print); ISBN 978 92 4 154888 5 (CD-ROM).
39. WHO (2015). *Reducing Global Health Risks Through Mitigation of Short-Lived Climate Pollutants. Scoping Report For Policy-makers*. Elaine Fletcher, Science Editor. Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 156508 0.
40. WHO (2016). *Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease*. Geneva, WHO Press. ISBN 978 92 4 151135 3;

41. WHO (2018). *WHO Housing and health guidelines*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-155037-6.
42. WHO (2021). Legionellosis [Em linha]. Disponível em <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>>. [Consultado em 06/05/2021].
43. WHO (2021). *Policies, regulations and legislation promoting healthy housing: a review*. Geneva, WHO Press. ISBN 978-92-4-001129-8 (electronic version) ISBN 978-92-4-001130-4 (print version).