



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

INTEGRATED MASTER IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING 2016/2017

Análise da qualidade do ar e preocupações com a saúde

ANTÓNIO RAMOS FERNANDES

Dissertation submitted for the degree of

MASTER ON ENVIRONMENTAL ENGINEERING

President of the jury: Cidália Maria de Sousa Botelho
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Supervisor at the University: Catarina Rosa Santos Ferreira de Castro
(email: ccastro@fe.up.pt) Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-Supervisor: Luísa Natália Encarnação Hoffbauer (email: lnh@isep.ipp.pt)
Professor Adjunto do Departamento de Matemática do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Agradecimentos

À Professora Catarina Castro pela sua disponibilidade e conselhos.

À Professora Luísa Hoffbauer por todo o apoio prestado e “know-how” de Estatística.

Aos colegas do M310, pela simpatia e companheirismo.

Aos meus pais e à Raquel, por todo o amor, carinho e paciência.

Resumo

A investigação em Engenharia do Ambiente é uma atividade que beneficia e desenvolve tecnologias preventivas, de intervenção, de abatimento e de reabilitação por forma a minorar ou a eliminar os efeitos nefastos da poluição e a diminuir a intensidade de utilização dos recursos naturais, minimizando os impactos negativos da atividade humana no Ambiente.

O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação contribui para uma avaliação da qualidade do ar no território nacional continental.

Foi feita uma revisão sobre os principais poluentes atmosféricos, fontes de emissão, ocorrência, legislação e efeitos nefastos para a saúde humana.

Foi constituída uma base de dados utilizando os valores registados nas estações de monitorização da qualidade do ar ambiente coordenadas pela Agência Portuguesa do Ambiente.

Foi feita a análise e tratamento de dados recorrendo ao programa de estatística SPSS.

Analisaram-se as emissões dos poluentes, relativamente às regiões identificadas, contribuindo para uma fiscalização das diretivas de redução da poluição ambiental.

Palavras-chave: Poluição Atmosférica, Qualidade do Ar, Saúde Pública

Abstract

Research in environmental engineering is an activity that benefits and develops preventive intervention technologies, abatement and rehabilitation so as to reduce or eliminate the adverse effects of pollution and decrease the intensity of use of natural resources, minimizing the negative impacts of human activity on the environment. The work developed along this dissertation contributes to an assessment of air quality in the national territory.

A review was made of the main air pollutants, emission sources, occurrence, and harmful effects on human health.

A database was created using the values recorded in the monitoring sites of ambient air quality co-ordinated by the Portuguese Environment Agency.

The analysis and data processing was performed using the statistical program SPSS.

The pollutants emissions were analyzed, for the identified areas, contributing to the surveillance of environmental pollution reduction policies.

Keywords: air pollution, air quality, public health

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiv
Lista de Abreviaturas	xxi
1. INTRODUÇÃO	1
2. PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS	5
3. QUALIDADE DO AR E EFEITOS NA SAÚDE HUMANA	15
4. AQUISIÇÃO DE DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	25
5. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	53
Bibliografia	55
ANEXO A: Lista de definições constantes da Diretiva 2008/50/EC	
ANEXO B: Valores-limite para dióxido de enxofre, dióxido de azoto, benzeno, monóxido de carbono, chumbo e PM ₁₀	
ANEXO C: Valores-limite para PM _{2.5} e para o Ozono	
ANEXO D: “ANALYSIS OF AIR QUALITY AND HEALTH CONCERNS”, <i>António Ramos Fernandes , Luísa N. Hoffbauer, Catarina F. Castro</i> . Aceite para apresentação no congresso M2D2017 em Junho de 2017, no Algarve.	

Índice de Figuras

Figura 1: Ciclo da poluição atmosférica	2
Figura 2: Das fontes poluentes aos efeitos na saúde. Escala da via ambiental. ...	17
Figura 3: Posto de medição “Santa Cruz de Benfica”	26
Figura 4: “Santa Cruz de Benfica”: estatísticas CO para as medições registadas para 2015.....	27
Figura 5: Separador “Downloads” do site da APA.....	28
Figura 6: Poluentes por posto de medição, num ano.....	28
Figura 7: Pontos de medição para o poluente X.....	29
Figura 8: Posto de medição por poluente.....	30
Figura 9: Variação das concentrações do PM ₁₀ entre 2010 e 2015 (médias horárias em µg/m ³).....	32
Figura 10: Variação das concentrações de PM _{2,5} entre 2010 e 2015 (médias horárias em µg/m ³).....	32
Figura 11: Variação das concentrações de NO entre 2010 e 2015 (médias horárias em µg/m ³).....	33
Figura 12: Variação das concentrações de NO _x entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m ³).....	33
Figura 13: Variação das concentrações de NO ₂ entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m ³).....	33
Figura 14: Variação das concentrações de SO ₂ entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m ³).....	34
Figura 15: Variação das concentrações de O ₃ entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m ³).....	34

Figura 16: Variação das concentrações de CO entre 2010 e 2015 (valores médios em $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	34
Figura 17: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das PM_{10} por meio e por ano.....	35
Figura 18: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das $\text{PM}_{2,5}$ por meio e por ano	36
Figura 19: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do NO por meio e por ano	37
Figura 20: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do NO_x por meio e por ano	38
Figura 21: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do NO_2 por meio e por ano	39
Figura 22: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do SO_2 por meio e por ano	40
Figura 23: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do O_3 por meio e por ano	41
Figura 24: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das PM_{10} discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”	44
Figura 25: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das $\text{PM}_{2,5}$ discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”	44
Figura 26: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do NO e NO_x , respetivamente, discriminada por meio e para o ano de 2015	45

Figura 27: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das NO_2 discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”45

Figura 28: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das SO_2 discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”46

Figura 29: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das O_3 discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”46

Figura 30: Informação retirada da base de dados do sítio da APA relativa à estação de Terena48

Figura 31: Variação média horária das concentrações de O_3 , NO e NO_x em Terena calculada para a média dos dias do ano de 2015.....49

Figura 32: Informação retirada da base de dados do sítio da APA relativa à estação dos Olivais50

Índice de Tabelas

Tabela 1: Principais poluentes e fontes de poluição do ar interior e exterior.....	6
Tabela 2: Postos de medição dos poluentes atmosféricos.....	31
Tabela 3: Medidas descritivas correspondentes à concentração de PM ₁₀ por meio e por ano.....	35
Tabela 4: Medidas descritivas correspondentes à concentração de PM _{2,5} por meio e por ano.....	36
Tabela 5: Medidas descritivas correspondentes à concentração de NO por meio e por ano.	37
Tabela 6: Medidas descritivas correspondentes à concentração de NO _x por meio e por ano.	38
Tabela 7: Medidas descritivas correspondentes à concentração de NO ₂ por meio e por ano.	39
Tabela 8: Medidas descritivas correspondentes à concentração de SO ₂ por meio e por ano.	40
Tabela 9: medidas descritivas correspondentes à concentração de O ₃ por meio e por ano.	41
Tabela 10: Coeficientes de correlação entre os poluentes.....	43
Tabela 11: Valores limite para a proteção humana de acordo com o anexo XI da diretiva.....	51
Tabela 12: Verificação da situação de excedências ao valor limite por ano e por poluente na estação dos Olivais: Número de vezes do ano em que se verificaram uma ou mais excedências.....	52

Lista de Símbolos

→ **Abreviaturas**

APA- Agência Portuguesa do Ambiente

APHEA- *Agency for Public Health Education Accreditation*

CO- Monóxido de carbono

COV- Compostos orgânicos voláteis

DALYs- *Disability Adjusted Life Years*

FEV1- Volume expiratório forçado no 1ºsegundo

FVC- Capacidade vital forçada

MTBE- éter metil terc-butílico

NO₂- Dióxido de azoto

NO_x- Óxidos de azoto

O₂- Oxigénio

O₃- Ozono

PAH- Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

PM₁₀- Partículas com diâmetro inferior a 10 µm

PM_{2,5}- Partículas com diâmetro inferior a 2,5 µm

PTS - Partículas em suspensão

SO₂- Dióxido de enxofre

WHO- *World Health Organization*

CAPÍTULO 1

Introdução

Neste capítulo é feita uma breve apresentação da estrutura e conteúdo de cada capítulo abordado ao longo deste trabalho. No final descrevem-se os principais objetivos a alcançar com esta investigação.

Um poluente é um material presente na atmosfera, a partir de fontes naturais ou antropogénicas, atingindo uma concentração ou um nível tal, que se observa qualquer efeito adverso à saúde ou bem-estar humanos, vida das plantas e dos animais e ainda materiais de valor para a sociedade prevendo-se qualquer alteração do equilíbrio ecológico e físico do planeta. Nas últimas décadas tem-se verificado um aumento significativo nas concentrações atmosféricas de substâncias perigosas, decorrente de atividades urbanas e industriais. Os poluentes atmosféricos causam efeitos verdadeiramente adversos, principalmente em conjuntos habitacionais com elevado grau de urbanização e atividade industrial.

A primeira fase do ciclo de poluição atmosférica [1,2] é a produção e emissão de poluentes. Numa segunda fase é feita a dispersão e transporte que ocorre à medida que as massas de ar se deslocam, podendo verificar-se concentrações elevadas associadas a regiões afastadas das fontes de emissão. A terceira fase do ciclo é a deposição. A poluição que é lançada na atmosfera, depois de se dispersar, de se misturar e difundir é, finalmente, removida por processos naturais. Os mecanismos mais eficazes são os da formação das nuvens e o da precipitação. No entanto, os poluentes de menores dimensões não são capturados. A figura 1 apresenta um esquema das 3 fases do ciclo da poluição atmosférica.



Figura 1: Ciclo da poluição atmosférica (Adaptado de Borrego, 1995) [1]

Os veículos motorizados e as atividades industriais, juntamente com as emissões de fontes estacionárias, são os principais responsáveis pela presença dos mais variados compostos na atmosfera associando-se diretamente a problemas ambientais e de saúde pública. O poluente mais abundante é o dióxido de carbono (CO_2) lançado na atmosfera quer através de plantas e animais, quer devido à utilização de combustíveis fósseis como o petróleo, o gás natural e o carvão [2] (Henriques, 2013). Outro poluente de destaque na química da baixa troposfera é o monóxido de carbono (CO), proveniente, essencialmente, de motores de combustão interna. O óxido nítrico e o dióxido de azoto são poluentes frequentemente designados por óxidos de azoto (NO_x). Podem ter uma origem natural como por exemplo emissão direta pela atividade microbiana do solo, ou uma origem antropogénica tal como a combustão do carvão e gasolina, transportes automóveis e aéreos, indústrias e centrais termoelétricas. Também o dióxido de enxofre (SO_2), o ozono (O_3), a fuligem e os materiais particulados, representados pelas partículas inaláveis (PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$) e pelas partículas em suspensão, são relevantes para o estudo da poluição atmosférica do ar exterior. Para além disso, a poluição do ar exterior é também uma das maiores fontes de partículas e poluentes gasosos para o ar interior (Freijer e Bloemen, 2000) [3].

Nos primeiros estudos sobre poluição e saúde, considerava-se somente as partículas em suspensão (PTS), partículas que continham o tamanho menor que 50 μm . No entanto, investigação recente mostra que as partículas finas são as maiores causadoras de problemas de saúde, pelo facto de terem maior capacidade de penetração no aparelho respiratório.

As partículas finas mais ligadas aos problemas de saúde são as partículas com tamanhos de 10 μm e 2,5 μm , chamadas de PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ respetivamente, sendo que o material particulado 2,5 μm é capaz de ultrapassar a região alveolar dos pulmões. Estas propriedades físicas associadas às características químicas explicam as propriedades perigosas das $\text{PM}_{2,5}$ associadas à saúde humana [4] (Traversi, 2009).

Adicionalmente, destacam-se as substâncias decorrentes da evaporação/combustão dos combustíveis fósseis, representadas principalmente pelos compostos orgânicos voláteis (COVs) e os hidrocarbonetos poliaromáticos

(HPAs). Poluentes gasosos são reconhecidos por causar danos à saúde, essencialmente em indivíduos com doenças pré-existentes. Em particular, compostos orgânicos voláteis (VOCs) são altamente reativos, possuem elevado carácter tóxico e podem participar de inúmeras reações na atmosfera formando poluentes secundários [5] (Caselli et. al., 2010).

A poluição do ar está associada a grandes aumentos da mortalidade, morbilidade, internamentos hospitalares, sintomas clínicos e despesas médicas. Conhecer e quantificar os efeitos na saúde da poluição do ar e métodos de redução de poluentes atmosféricos será útil para as áreas da medicina, indústria, bem como decisores políticos e cidadãos no geral. A poluição do ar causa um largo aumento das despesas médicas, sendo estimada como a causa de 800.000 mortes prematuras anuais em todo o mundo [6].

Tanto a qualidade do ar interior (indoor) como o ar exterior (outdoor) são importantes para a saúde humana e esta dissertação irá abordar o ar exterior. Neste trabalho é feita uma revisão da qualidade do ar e dos principais poluentes atmosféricos. Segue-se uma abordagem referindo os efeitos sobre a saúde humana e a legislação inerente. Finalmente é feita uma análise estatística do registo dos diversos poluentes em Portugal continental. O objetivo desta investigação é contribuir para a saúde ambiental supervisionando a fiscalização das diretivas em vigor. Melhorar a qualidade do ar, melhorará a qualidade de vida e terá um impacto importante no desenvolvimento económico.

CAPÍTULO 2

PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Fala-se em poluição quando estamos na presença de determinadas substâncias em concentrações, duração e frequência variáveis, que afetam negativamente a saúde, o bem-estar humano e o meio ambiente [7]. Dentre os poluentes que apresentam maior importância na química da baixa troposfera encontram-se o monóxido de carbono (CO), os óxidos de azoto (NO_x), o dióxido de enxofre (SO₂), o ozono (O₃), o “smog” e os materiais particulados, representados pelas partículas inaláveis (PM₁₀ e PM_{2,5}) e pelas partículas em suspensão [8]. Neste capítulo apresenta-se uma revisão sobre os principais poluentes atmosféricos, fontes de

emissão, ocorrência e legislação ficando para o capítulo seguinte os efeitos sobre a saúde humana.

Na tabela 1 apresentam-se os principais poluentes e fontes de poluição do ar interior e exterior. Para além das partículas inaláveis enquadram-se ainda como poluentes clássicos os óxidos de azoto e o dióxido de enxofre.

Tabela 1 -Principais poluentes e fontes de poluição do ar interior e exterior.

Principais poluentes	Fontes
	Predominantes na poluição do ar exterior
Dióxido de enxofre e partículas	Queima de combustíveis, fundição
Ozono	Reações fotoquímicas
Chumbo, cádmio	Tráfego automóvel e emissões industriais
Compostos orgânicos voláteis, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	Solventes petroquímicos, volatilização dos combustíveis
	Ar exterior e ar interior
Óxidos de azoto, monóxido de carbono	Queima de combustíveis
Dióxido de carbono	Queima de combustíveis, atividade metabólica
Partículas	Fumo de tabaco ambiental, ressuspensão e condensação de vapores e dos produtos de combustão
Compostos orgânicos voláteis	Volatilização, queima de combustíveis, tintas, pesticidas, inseticidas, fungicidas, atividade metabólica
	Predominantes na poluição do ar interior
Radão	Solo, materiais de construção, água
Formaldeído	Materiais de isolamento, mobiliário, fumo de tabaco ambiental
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, arsénio, nicotina	Fumo de tabaco ambiental
Compostos orgânicos voláteis	Adesivos, solventes, cozinhar, cosméticos
Asbesto	Materiais de isolamento
Mercúrio	Fungicidas, tintas, quebras de produtos com mercúrio e consequente derramamento
Amoníaco	Produtos de limpeza, atividade metabólica

(Adaptado de McGranahan e Murray (2003): *Air Pollution and Health in rapidly developing countries*)[9]

2.1. Material Particulado e partículas inaláveis

O material particulado (PM) é uma mistura heterogénea e complexa constituída por partículas sólidas e líquidas capaz de transportar uma grande variedade de compostos químicos prejudiciais à saúde humana englobando uma grande quantidade de poluentes que se encontram suspensos na atmosfera. O material particulado está representado pelos materiais totais em suspensão (PTS), partículas com diâmetro igual ou superior 100 μm e materiais com diâmetros iguais ou inferiores a 10 μm e 2,5 μm (PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$).

As partículas inaláveis são misturas complexas de partículas líquidas e sólidas suspensas no ar, tendo como principais componentes sulfatos, nitratos, amónia, cloreto de sódio, carvão, minerais em pó e água. A categoria mais perigosa são as partículas de diâmetro igual ou menor a 10 microns (μ), também conhecidos por PM_{10} , pois entram e alojam-se profundamente nos pulmões. As partículas finas têm um tempo de residência longo na atmosfera e podem penetrar profundamente nos pulmões, assim, a toxicidade do material particulado fino é mais elevada do que a de partículas grossas no ar. A exposição crónica contribui para o desenvolver de doenças cardiovasculares e respiratórias, bem como cancro pulmonar [8,10]. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), as $\text{PM}_{2,5}$ provocam efeitos adversos para a saúde a nível de sistema respiratório e cardiovascular, sendo toda a população afetada. Em comum, a suscetibilidade a poluição das partículas de 2,5 μm varia com a idade e estado de saúde.

As partículas finas ($\text{PM}_{2,5}$) são originadas por fontes naturais como a poeira, o sal do mar, os distúrbios geológicos, os restos biológicos, os incêndios florestais e a oxidação de gases biogénicos reativos e fontes antropogénicas decorrentes da queima de combustíveis fósseis, as emissões fugitivas e ainda atividades industriais, comerciais e residenciais.

A determinação da concentração de partículas atmosféricas PM_{10} em estações de medição da qualidade é feita através da recolha gravimétrica de partículas atmosféricas em filtros pesados por meio de balança, em condições controladas de temperatura e humidade relativa [11]. Os valores das medições reportados pela APA são registos horários e a concentração expressa em $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O procedimento

técnico para a determinação da concentração mássica de partículas atmosféricas $PM_{2.5}$ é também feito de forma semelhante através da recolha gravimétrica de partículas atmosféricas em filtros pesados por meio de balança, em condições controladas de temperatura e humidade relativa. A gama de medição vai de 1 a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo o valor do limite de deteção do método $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, expresso como incerteza. Para concentrações superiores a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o método não foi validado, embora possa ser utilizado [12]. Tanto para a operação da recolha das partículas PM_{10} como para as $PM_{2.5}$, os filtros devem ter uma eficiência de separação $\geq 99,5\%$ para um diâmetro aerodinâmico de partículas de $0,3 \mu\text{m}$.

Recentemente começou o estudos das partículas ultrafinas ($PM < 0,1 \mu\text{m}$) e também das nanopartículas ($< 100 \text{ nm}$) [10]. Estas partículas constituem uma forte preocupação pois ao depositarem-se nos pulmões podem conseguir atingir sistemicamente todo o corpo. Prevê-se que as nanopartículas sejam mais tóxicas que as $PM_{2.5}$ devido ao seu maior número e área de superfície por unidade de massa [8] (Autrup. 2010).

2.2 Óxidos de azoto

Os óxidos de azoto (NO_x) são compostos poluentes gasosos comuns e tóxicos que afetam a saúde de milhões de seres humanos, especialmente em áreas urbanas e representam duas espécies moleculares: o dióxido de azoto (NO_2) e o monóxido de azoto (NO). De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO), o NO_2 é o mais tóxico dos dois gases. O NO_2 é um gás incolor com um odor característico tendo origem antropogénica em processos de combustão, seja para aquecimento, produção energética, funcionamento de motores de avião e navios.

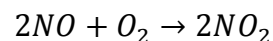
De acordo com a APA, existem 3 tipos de analisadores disponíveis no mercado para a determinação do dióxido de azoto e monóxido de azoto [13] em estações de medição da qualidade do ar:

- 2 câmaras de reação com um fotomultiplicador ou foto díodo comum;
- 2 câmaras de reação com um fotomultiplicador ou foto díodo cada;
- 1 câmara de reação com um fotomultiplicador ou foto díodo comum;

Nos analisadores de 2 câmaras, a amostra é dividida em 2 fluxos, um dos quais vai diretamente por uma câmara de reação para a medição do NO, e o outro, vai para um conversor onde vai ocorrer a redução do NO₂ em NO, e em seguida para uma câmara de reação onde o NO é convertido em NO₂ por meio de uma titulação gasosa com o O₃ para a medição da concentração total NO_x (NO e de NO₂). No analisador de 1 câmara, a amostra de ar entra alternadamente durante um certo tempo para um conversor para medir a concentração de NO, e no tempo seguinte a concentração total NO_x. No caso dos analisadores de 1 câmara nem todos os existentes no mercado preenchem os requisitos técnicos para o uso em estações orientadas para o tráfego, devido às flutuações das concentrações de NO e de NO₂.

Estas flutuações podem resultar na determinação errada das concentrações de NO₂, resultado da subtração das duas leituras de NO_x e de NO.

Nas concentrações encontradas nas grandes cidades, ainda não foi encontrada uma relação direta de perigo para a saúde causado pelo monóxido de azoto (NO). Na verdade, sabe-se que o grande risco deste composto na atmosfera está associado em dias de grande radiação, ao facto do mesmo ser rapidamente oxidado formando dióxido de azoto (NO₂),



Tem efeitos inflamatórios nas vias respiratórias a concentrações superiores a 200 µg/m³. É também a principal fonte de aerossóis de nitratos (que constituem uma fração das PM_{2,5}) e, na presença de luz ultravioleta, O₃.

2.3 Dióxido de enxofre

Gás incolor com um odor forte, provém da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo) para aquecimento doméstico, eletricidade, veículos a motor e extração de minérios que contenham enxofre. O dióxido de enxofre possui uma alta reatividade com os outros poluentes da atmosfera e é um dos principais

precursores da chuva ácida pode ser considerado como um grande gerador de outras formas poluentes.

Segundo Kulmala et al. (2004) o SO₂ é o principal precursor de novas partículas na atmosfera aumentando a exposição humana a partículas ultrafinas. O SO₂ ao ser oxidado na atmosfera forma o aerossol de sulfato, um dos principais componentes das partículas finas em suspensão [10]. O SO₂ pode causar irritação ocular afetando o funcionamento do sistema respiratório. A junção de SO₂ com água de chuva forma ácido sulfúrico, principal componente das chuvas ácidas, que provocam desflorestação.

O método utilizado para a determinação da concentração em massa de SO₂ presente no ar ambiente até 1000 µg/m³ é aplicável para zonas classificadas como áreas rurais, urbanas de fundo e orientadas para tráfego e de influência industrial [14]. Os resultados são expressos em µg/m³ para 20°C e 101,3 KPa. A amostra de ar passa previamente por um filtro antes de entrar no analisador de forma a eliminar as interferências causadas com a contaminação de partículas. Em seguida são removidas outras interferências causadas pela eventual presença de hidrocarbonetos aromáticos na amostra através de um filtro de carvão apropriado. A amostra de ar segue para a câmara de reação, onde é irradiada por radiação ultravioleta no intervalo de comprimentos de onda entre 200 nm e 220 nm. O ultravioleta de fluorescência é baseado na emissão de luz das moléculas de SO₂ quando regressam ao estado fundamental, que foram previamente excitadas por radiação ultra violeta. A radiação emitida é proporcional ao número de moléculas de SO₂, logo proporcional à concentração SO₂. Assim, a luz de fluorescência emitida entre 240 nm e 420 nm, é opticamente filtrada e convertida em sinal elétrico por um detetor de ultravioleta. A concentração de SO₂ é diretamente medida em unidades de volume/volume (se o analisador for calibrado com um padrão em unidades de volume/volume). Os resultados são reportados em µg/m³.

2.4 Ozono

O ozono é um gás que existe nas camadas superiores da atmosfera, constituído por três átomos de oxigénio (O_3). É produzido naturalmente na estratosfera pela ação da luz solar, que quebra as ligações entre os dois átomos do oxigénio molecular (O_2), libertando oxigénio atómico (O) que fica livre para se ligar com o (O_2), formando-se, deste modo, a molécula triatómica de ozono.

A determinação da concentração de ozono (O_3) atmosférico é feita em contínuo, em estações fixas de medição da qualidade do ar utilizando o princípio de medição da fotometria do ultravioleta [15]. Dois sistemas de células são geralmente empregues para medir a concentração de ozono, um de duas células, (uma de medida e outra de referência), e outro de uma só célula. No de duas células, a concentração de ozono é determinada pela diferença da absorção da radiação ultravioleta entre a célula da amostra e uma célula de referência isenta de ozono. No outro, a diferença da absorção da radiação é determinada, passando alternadamente, o ar com ozono e ar isento de ozono. A radiação absorvida é diretamente proporcional à concentração de ozono no ar ambiente. Na célula de absorção do analisador, o ar ambiente amostrado é irradiado por uma radiação monocromática centrada a 253,7 nm proveniente de uma descarga de uma lâmpada de mercúrio de baixa pressão. Esta radiação ultravioleta é absorvida pelas moléculas de ozono presentes no ar ambiente, sendo a radiação não absorvida medida por um foto-díodo ou um detetor foto multiplicador, e convertida num sinal elétrico. Durante a amostragem, a presença de monóxido de azoto (NO) no ar, gera uma mudança das concentrações de O_3 na linha de amostragem devido à reação de titulação gasosa do NO com o O_3 . De forma a evitar alterações significativas nas concentrações de O_3 , o tempo de residência no sistema de amostragem, desde cabeça de amostragem, passando pelas linhas de amostragem incluindo o percurso no sistema pneumático do analisador deve ser inferior a 5 s. O método é aplicável para a determinação do O_3 presente no ar ambiente no intervalo de concentração de $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O método é aplicável para zonas classificadas como áreas rurais, urbanas e urbanas de fundo e os resultados são expressos em microgramas por metro cúbico.

Não se deve confundir o ozônio poluente com a camada de ozônio. Ao nível terrestre, ou seja na camada atmosférica que nos é mais próxima, o O_3 é um dos constituintes do fenômeno fotoquímico conhecido como “smog”, formado através da reação da luz solar com óxidos de nitrogênio (NO_x), emitidos por veículos e indústria, e com compostos orgânicos voláteis (VOC). Naturalmente, as emissões de O_3 aumentam durante períodos ensolarados.

2.5 Monóxido de Carbono

O monóxido de carbono (CO) é um poluente que se liga à hemoglobina, reduzindo a capacidade desta para transportar oxigênio [16] (Badman and Jaffe, 1996). Esta redução no fluxo do oxigênio poderá afetar negativamente o funcionamento de diversos órgãos, em especial aqueles que utilizam mais oxigênio como o cérebro e o coração, provocando redução de reflexos, perda de capacidade de concentração e confusão [17] (Raub e Mathieu-Nolf 2000). É um subproduto da combustão incompleta de hidrocarbonetos.

O método para a determinação da concentração em massa de CO presente no ar ambiente até 100 mg/m^3 é aplicável para zonas classificadas como áreas rurais, urbanas de fundo e orientadas para tráfego e de influência industrial. É utilizado o método de infravermelho (IV) não dispersivo para medir a concentração de CO no ar ambiente [18]. A atenuação da radiação infravermelha que passa através da célula que contém a amostra traduz a concentração de CO na célula, de acordo com a lei de Lambert-Beer. Não só o CO, mas também muitas outras moléculas hetero-atômicas vão absorver radiação infravermelha. Foram, assim, desenvolvidas várias soluções para suprimir os efeitos cruzados da presença de outras moléculas, na sensibilidade, instabilidade e deriva, de modo a obter sistemas de monitorização em contínuo com propriedades aceitáveis. Por exemplo:

- medindo a absorção de IV num comprimento de onda específico para o CO (4,7 mm);
- duas células de medição, usando a célula de referência cheia com ar (compensação da deriva);

· roda de correlação gas- filter, medição num intervalo de comprimentos de onda;

Deve-se ter em especial atenção à radiação infravermelha absorvida pela presença de gases absorventes, tais como o vapor de água, dióxido de carbono, óxido nítrico e hidrocarbonetos. Os resultados expressos em mg/m^3 para 20°C e $101,3 \text{ KPa}$ são reportados pela APA em $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Os dados usados para fins estatísticos devem ser iguais ou superiores ao valor limite de deteção do analisador e pelo menos conter mais um dígito em relação ao valor limite octo-horário do CO ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$). Os dados inferiores ao limite de deteção não são considerados.

2.6 Outros poluentes específicos

Os compostos orgânicos voláteis (VOCs) constituem um grupo de poluentes que se encontram presentes no ar atmosférico, principalmente, sob a forma gasosa. A presença e a composição de VOCs na atmosfera urbana estão intimamente relacionadas com o uso de combustíveis sendo que os compostos carbonílicos e os hidrocarbonetos aromáticos estão entre os principais poluentes orgânicos no ar urbano [19] (Jones, 1999). Os compostos orgânicos voláteis são essencialmente monitorizados no ar interior, dada a impossibilidade de encontrar condições para a sua medição no exterior.

A monitorização da qualidade do ar é uma importante ferramenta de avaliação da poluição em atmosferas urbanas e industriais, principalmente em função dos riscos para o meio ambiente. Faltam ainda muitos estudos para determinar as causas, níveis e consequências desta poluição visando prioritariamente o controle das emissões poluentes e a melhoria da qualidade de vida das populações expostas.

2.7 Métodos de referência para a avaliação das concentrações dos poluentes

PM₁₀: norma EN 12341:1999 “Air quality - Determination of the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter - Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods”

PM_{2,5}: norma 14907:2005 “Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM_{2,5} mass fraction of suspended particulate matter”

Dióxido de Azoto e Óxidos de Azoto: norma EN 14211:2005 “Ambient air quality - Standard method for measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence”

Dióxido de Enxofre: norma EN 14212:2005 “Ambient air quality - Standard method for measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence”

Ozono: norma 14625:2005 “Ambient air quality - Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet photometry”

Monóxido de Carbono: norma 14626:2005 “Ambient air quality - Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by nondispersive infrared spectroscopy”

Relativamente às PM's, o volume recolhido para amostra deverá sempre referir-se às condições ambientes, no que toca a temperatura e pressão atmosférica, à data das medições. Para os poluentes gasosos, o volume deverá ser normalizado à temperatura de 293K e pressão atmosférica de 101,3 kPa.

CAPÍTULO 3

QUALIDADE DO AR E EFEITOS NA SAÚDE HUMANA

A poluição do ar atmosférico acarreta riscos consideráveis para a saúde humana, com ênfase nos acidentes vasculares cerebrais, doenças coronárias, cancro pulmonar e doenças respiratórias agudas e crónicas, tais como a asma. Uma redução nos níveis de poluição atmosférica possibilitará uma melhor resposta aos problemas cardiovasculares e respiratórios enfrentados pela população. Ao longo desta dissertação foram estudados trabalhos publicados contribuindo para uma

perceção de como é que os principais poluentes atmosféricos afetam a saúde humana considerando a situação ambiental atual de Portugal.

3.1 Relação entre poluição e saúde

Para providenciar um meio de resposta, a OMS (Organização Mundial da Saúde) lançou um guia [7] (*Ambient (outdoor) air quality and health*) que pretende analisar os efeitos na saúde da poluição atmosférica e patamares para níveis poluentes nocivos, tendo em conta os parâmetros: partículas inaláveis (PM_{10}), ozono (O_3), dióxido de azoto (NO_2) e dióxido de enxofre (SO_2). Apesar de a OMS não o mencionar, o monóxido de carbono é também abrangido neste estudo devido aos efeitos nefastos que tem sobre a saúde humana, bem como a disponibilidade de dados medidos.

Em 2014, cerca de 92% da população mundial vivia em zonas aonde se atingiam ou ultrapassavam esses níveis tidos como nocivos.

A título de exemplo, a OMS estima que em 2012 ocorreram 3 milhões de mortes prematuras devidas à poluição do ar atmosférico, sendo estimado que 72% tenham sido causadas por cardiopatias isquémicas e acidentes vasculares cerebrais, 14% por doenças pulmonares crónicas obstrutivas ou infeções respiratórias agudas e os restantes 14% por cancro pulmonar. A International Agency for Research on Cancer (IARC) afirmou, em 2013, que a poluição do ar atmosférico tem efeitos cancerígenos para seres humanos, no qual as partículas inaláveis são fortemente associadas com incidências de cancro, nomeadamente no pulmão [20] (Loomis, et al, 2013). Também são responsáveis por doenças cardiovasculares e respiratórias.

Para controlar a poluição não é necessário esperar pelos efeitos que esta pode ter na saúde. Para tal é necessário perceber a relação entre as fontes emissoras e os seus efeitos. A figura 2 ilustra as relações entre as fontes de poluição e os efeitos nocivos para a saúde. Os diferentes passos na análise da via ambiental podem ser descritos como:

Passo 1- Fontes-Emissões: Embora o tipo de fonte dê uma ideia do perigo, a medida mais importante é a quantidade real de poluição emitida.

Passo 2- Emissões-Concentração: As concentrações atmosféricas dos poluentes dependem não apenas das emissões atmosféricas mas também do transporte, transformação e diluição do poluente no ambiente. Esta é a medida mais utilizada no estudo da poluição.

Passo 3- Concentração-Exposição: Contacto do material poluente com o sistema sensitivo.

Passo 4- Exposição-Efeitos na Saúde: Os efeitos na saúde dependem da vulnerabilidade individual de cada pessoa.



Figura 2- Das fontes poluentes aos efeitos na saúde. Escala da via ambiental.

(Adaptado de McGranahan G and Murray F(2003) : *Air Pollution and Health in rapidly developing countries*)[9]

O risco aumentado para desenvolver doença em consequência da poluição está relacionado com a exposição a doses elevadas, doenças predisponentes adquiridas e suscetibilidade genética. Os efeitos tóxicos dos poluentes atmosféricos alteram-

se em função das variações inter-individuais dos genes envolvidos nos processos inflamatórios, na defesa contra as espécies reativas de oxigénio ou nas enzimas envolvidas na desintoxicação de determinados compostos.

No grupo sujeito à exposição a doses elevadas, podemos incluir as pessoas que vivem ou trabalham ao longo das estradas de alto tráfego, pessoas com longas horas de deslocamento, ou pessoas que estão profissionalmente expostas, por exemplo, motoristas de autocarros, policiais de trânsito. Podemos também incluir as crianças, pois, devido à sua alta taxa de ventilação, a sua carga corporal com poluentes é maior.

Os idosos e indivíduos com doença cardíaca e pulmonar pré-existente estão associados a maior morbidade e mortalidade. Os asmáticos também respondem mais fortemente ao aumento da poluição atmosférica do que os não asmáticos, especialmente às partículas.

3.2 Painel de Informação para o Planeamento em Saúde (PIPS)

Do Painel de Informação para o Planeamento em Saúde (PIPS) poderão ser de interesse os seguintes índices:

“Incidências”: Cancro (62); Doenças do aparelho respiratório (63); Doenças do aparelho circulatório (64); Taxa de incidência do Acidente Vascular Cerebral (AVC) e doença isquémica do coração (DIC) (64.1); Eventos Sentinela no AVC e DIC (64.1.1);

“Incapacidade”: Absentismo laboral/escolar, nº médio dias por população ativa/escolar (82); Taxa absentismo por doença (82.1)

“Mortalidade”: Esperança de vida (84); Taxa bruta mortalidade (89); Taxa mortalidade prematura (89.2); Taxa mortalidade padronizada (todas as idades) /100 000 habitantes (90); números de anos vida potencialmente perdidos (91); taxa anos vida potenciais perdidos/100 000 habitantes (91.1);

“Despesa em Saúde: Despesa Geral”: Evolução da despesa com cuidados de saúde (156); Despesa por habitante por ano com medicamentos sujeitos a receita médica (157);

“Despesas do utente” (158-163);

“Cuidados de saúde primários”: custo doença por habitante (168);

O “How’s Life in Portugal?”, de Maio de 2016, [21] apresenta vários indicadores relativos à qualidade de vida em cada Estado-Membro da União Europeia, sendo relevante para o estudo a qualidade do ar (medida em concentração média de $PM_{2,5}$) que, no caso português ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), é superior à média da OCDE ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (consultado a 14/10/2106).

O “Air Quality Assessment for Portugal” [22] abrange como poluentes a monitorizar e analisar o SO_2 , NO_2 , $\text{PM}'\text{s}$, chumbo, O_3 , benzeno, monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos poliaromáticos e alguns metais pesados. No entanto, foi definido que o objetivo é analisar, para Portugal Continental, os poluentes gasosos considerados críticos (SO_2 , CO, NO_2 e O_3). Dá um exemplo da distribuição espacial das emissões de NO_2 e VOC, em que as zonas urbanas de Lisboa e Porto apresentam maiores concentrações, cuja origem é principalmente devida mais ao tráfego de veículos, e menos a fontes industriais.

3.3 Análise da qualidade do ar e medidas a implementar

No estudo “A cost-efficiency and health benefit approach to improve air quality”[23], delineou-se quatro medidas de redução dos PM_{10} e NO_x , para a zona do Grande Porto, caracterizadas em termos de emissões e custos de implementação, em que a medida com melhor relação custo/benefício consiste em substituir 50% das lareiras abertas por fogões a lenha com recuperação de calor.

O estudo salienta a importância da utilização de modelos numéricos como ferramenta de análise e gestão da qualidade do ar, tendo em conta a Diretiva 2008/50/EC relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa, sendo estabelecidas 6 medidas:

- A definição de objetivos relativos à qualidade do ar ambiente destinadas a evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e ambiente, na sua globalidade;
- A avaliação do ar ambiente nos Estados-Membros, com base em métodos e critérios comuns;
- A obtenção de informações sobre a qualidade do ar ambiente a fim de contribuir para o combate contra a poluição atmosférica e os efeitos nocivos, acompanhando as tendências a longo prazo, bem como as melhorias obtidas através de medidas nacionais e comunitárias;
- A necessidade de disponibilizar informação sobre a qualidade do ar ambiente ao grande público;
- A manutenção da qualidade do ar ambiente, quando boa, e a melhoria do mesmo, nos outros casos;
- A promoção da cooperação entre Estados-Membros para a redução da poluição atmosférica.

3.4 Enquadramento legislativo

O Decreto-Lei n.º 102/2010 define o quadro legislativo e estabelece as linhas de orientação da política de gestão da qualidade do ar ambiente para Portugal, como Estado-Membro da União Europeia (UE). O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de Setembro, transpõe para o direito nacional a Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Maio, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa e incluiu também o conteúdo da designada 4ª Diretiva Filha (Diretiva 2004/107/CE). O Decreto-Lei n.º 102/2010 foi transposto tendo em conta critérios de eficiência e de simplificação, agregando num só documento o regime jurídico relativo à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, o qual se encontrava disperso por vários diplomas legais. O referido diploma legal inclui os seguintes elementos chave:

- estabelece objetivos de qualidade do ar ambiente, os quais visam evitar, prevenir ou limitar efeitos nocivos sobre a saúde humana e sobre o ambiente;
- determina aspetos relacionados com a monitorização do ar ambiente, tais como: critérios para a implementação de redes de monitorização e seleção dos locais, objetivos de qualidade dos dados, métodos standardizados de medição de referência ou equivalentes, certificação do equipamento, designação de um laboratório nacional de referência, aprovação dos laboratórios;
- estabelece os valores normativos para cada poluente atmosférico, nomeadamente para o dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de azoto (NO₂) e óxidos de azoto (NO_x), partículas em suspensão (PM₁₀ e PM_{2,5}) e chumbo (Pb), benzeno (C₆H₆) e monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), arsénio (As), cádmio (Cd), níquel (Ni) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP);
- agrega num só diploma legal a maioria da legislação existente sem alteração dos objetivos de qualidade do ar (expressos originalmente na designada Diretiva Quadro e nas 1^a, 2^a, 3^a e 4^a Diretivas Filha) incluindo também o disposto na Decisão do Conselho 97/101/CE;
- estabelece objetivos de qualidade do ar para as PM_{2,5} (partículas finas que não estavam abrangidas pela legislação anterior), incluindo um valor-limite e objetivos relacionados com a exposição (obrigação em matéria de concentrações de exposição e um alvo de redução de exposição);
- inclui a possibilidade de se efetuarem descontos, devido a fontes naturais de poluição, aquando da avaliação de conformidade em relação aos valores-limite de partículas;
- permite extensões temporais de três anos (no caso das PM₁₀) ou até cinco anos (no caso do NO₂ e benzeno) para cumprimento dos valores-limite, com base em determinadas condições e como resultado da avaliação efetuada pela Comissão Europeia.

3.5 Objetivo Nacional de redução da exposição, objetivo-alvo e valor limite do $PM_{2,5}$

De acordo com o anexo XIV, pretendem-se os seguintes pontos:

- Valor-alvo a atingir a 1 de Janeiro de 2010: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- No que toca à obrigação em matéria de concentrações de exposição, é estabelecido o valor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a ser cumprido em 2015;
- Valor-limite: Numa 1ª fase é $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 1 de Janeiro de 2015; numa 2ª fase é $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 1 de Janeiro de 2020;

3.6 Valores-limite para a proteção humana (de acordo com o anexo XI da Diretiva - ver os quadros apresentados nos Anexos B e C desta dissertação)

O valor-limite corresponde ao nível de poluentes na atmosfera cujo valor não pode ser excedido, durante períodos previamente determinados, com o objetivo de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e ou no meio ambiente.

PM_{10} : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a não exceder mais de 35 vezes por ano civil (período de referência 1 dia), margem de tolerância 20%; $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (período de referência ano civil), margem de tolerância 20%;

$PM_{2,5}$: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, período de referência ano civil;

Dióxido de azoto e óxidos de azoto: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a não exceder mais de 18 vezes por ano civil (período de referência 1 hora); $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (período de referência 1 dia);

Dióxido de enxofre: $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a não exceder mais de 24 vezes por ano civil (período de referência 1 hora), margem de tolerância 43%; $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a não exceder mais de 3 vezes por ano civil (período de referência 1 dia);

Ozono: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a não exceder mais de 25 dias, em média, por ano civil, num período de 3 ou 5 anos (período de referência é a média máxima diária por períodos de 8 horas);

Monóxido de carbono: $10 \text{mg}/\text{m}^3$ (período de referência é a média máxima diária por período de 8 horas), margem de tolerância 60%.

CAPÍTULO 4

AQUISIÇÃO DE DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com vista a estudar a poluição atmosférica em Portugal e possíveis impactos na saúde humana, recorreu-se à base de dados da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) para obtenção das medições de PM₁₀, PM_{2,5}, NO, NO_x, NO₂, SO₂, O₃, e CO (consulta efetuada a 17/10/2016). Todas as medições obtidas referem-se ao período de 1995 a 2015, com exceção das PM_{2,5}, cujas medições abrangem apenas o intervalo de 2001 a 2015.

Por forma a estreitar o campo de estudo, escolheu-se estudar com maior detalhe o período entre 2010 a 2015, para averiguar a evolução das concentrações dos poluentes e aferir possíveis correlações entre o comportamento dos mesmos.

Tratando-se de poluentes na forma gasosa, a unidade usada na medição das concentrações foi $\mu\text{g}/\text{m}^3$, micrograma por metro cúbico.

Constituição de uma base de dados:

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) disponibiliza dados sobre a qualidade do ar fornecidos pelas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo, Alentejo e Algarve), pela Direção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território dos Açores e pela Direção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território da Madeira. Trata-se de um projeto desenvolvido: DCEA - FCT/UNL, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. A manutenção da base de dados está entregue à YDreams Informática S.A.

QualAr
Base de Dados Online sobre a Qualidade de Ar

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE

Índices • Medições • Previsões • Zonamento • Estatísticas • Download • Informações

Poluentes • Estações desactivadas

Santa Cruz de Benfica

■ **Dados da Estação**

Código:	3100
Data de início:	2008-12-16
Tipo de Ambiente:	Urbana
Tipo de Influência:	Tráfego
Zona:	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)
Rua:	Alameda Padre Álvaro Proença
Freguesia:	Benfica
Concelho:	Lisboa
Coordenadas Gauss Militar (m)	Latitude: 198373 Longitude: 107023
Coordenadas Geográficas WGS84	Latitude: 38°44'53" Longitude: -9°12'09"
Altitude (m):	76
Rede:	Rede de Qualidade do Ar de Lisboa e Vale do Tejo
Instituição:	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo
Contacto:	21 0101 300

(a) a zona é uma aglomeração

■ **Poluentes**

Poluente	Símbolo	Data de Início	Data de Fim
Chumbo nas PM10	Pb in PM10	2011-01-01	2011-12-31
Níquel nas PM10	Ni in PM10	2011-01-01	2011-12-31
Cádmio nas PM10	Cd in PM10	2011-01-01	2011-12-31
Arsénio nas PM10	As in PM10	2011-01-01	2011-12-31
Monóxido de Azoto	NO	2008-12-16	
Dióxido de Azoto	NO2	2008-12-16	
Óxidos de Azoto	NOx	2008-12-16	
Dióxido de Enxofre	SO2	2008-12-27	2012-07-31
Partículas < 10 µm	PM10	2008-12-16	
Monóxido de Carbono	CO	2008-12-16	

Escolha uma outra estação:

Escolha uma estação OK >>

■ **Estatísticas:**

Escolha um poluente OK >>

PROGRAMA AMBIENTE

EUROPEAN UNION

Figura 3: Posto de medição “Santa Cruz de Benfica”

A APA apresenta todos os postos devidamente identificados assim como a referência a todos poluentes com possibilidade de medição. A título de exemplo, a figura 3 retirada do sítio da APA apresenta o posto de medição “Santa Cruz de Benfica” e na figura 4 apresenta-se os valores estatísticos disponibilizados para esta mesma estação para o poluente monóxido de carbono no ano de 2015. Como se pode constatar, o valor limite diário permitido para proteção da saúde humana é de 10 mg/m³ e nessa análise feita sobre um registo de 6 966 valores horários (eficiência aproximada de 80%), o valor limite nunca foi ultrapassado.

The screenshot shows the QualAr website interface. At the top, there is a header with the logo 'QualAr' and the text 'Base de Dados Online sobre a Qualidade de Ar'. To the right is the logo for 'AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE'. Below the header is a navigation menu with links: 'Índices • Medições • Previsões • Zonamento • Estatísticas • Download • Informações'. A sub-menu is open under 'Estatísticas da Estação', showing 'Estação • Estatísticas'. Below the menu, a note reads: 'te. Para utilização de dados em fase de validação contacte a CCDR da respetiva área.'

■ Critérios

Estação:	Santa Cruz de Benfica
Poluente:	Monóxido de Carbono(CO)
Ano:	2015

■ Dados Estatísticos

Parâmetro:	Valor Anual (base horária)	Valor Anual (base 8 horas (a))
Eficiência (%)	79,5%	78,8%
Dados Validados (n.º)	6.966	6.906
Média (µg/m3):	322,2	321,2
Máximo (µg/m3):	2.558,5	2.200,7

(a) As médias de base octo-horária (8 horas) são calculadas a partir dos dados horários. O primeiro período de cálculo para um determinado dia será o período decorrido entre as 17h00 do dia anterior e a 01h00 desse dia. O último período de cálculo será o período entre as 16h00 de um determinado dia e as 24h00 desse mesmo dia. Para o cálculo de uma média octo-horária são necessários, pelo menos, 75% de valores horários, isto é, 6 horas.

■ Protecção da Saúde Humana: Valor máximo diário das médias octo-horárias (b)
(Decreto-lei n.º102/2010)

Designação:	Valor (mg/m3)	Nº de Excedências (dias)
Valor limite	10	0 (c)

(b) Médias octo-horárias calculadas como referido em (a);
(c) Número de dias em que se verificou excedência ao valor-limite



Figura 4: “Santa Cruz de Benfica”: estatísticas CO para as medições registadas em 2015

O trabalho aqui apresentado foi ao encontro dessa imensa base de dados. Para aceder aos dados disponibilizados pela APA deve aceder-se ao separador “Downloads”, conforme ilustrado aqui:



Figura 5: Separador “Downloads” do site da APA

Após entrar no separador “Downloads”, usaram-se as três opções disponibilizadas: Opção 1- Dados de todos os poluentes para o posto de medição X, num determinado ano;

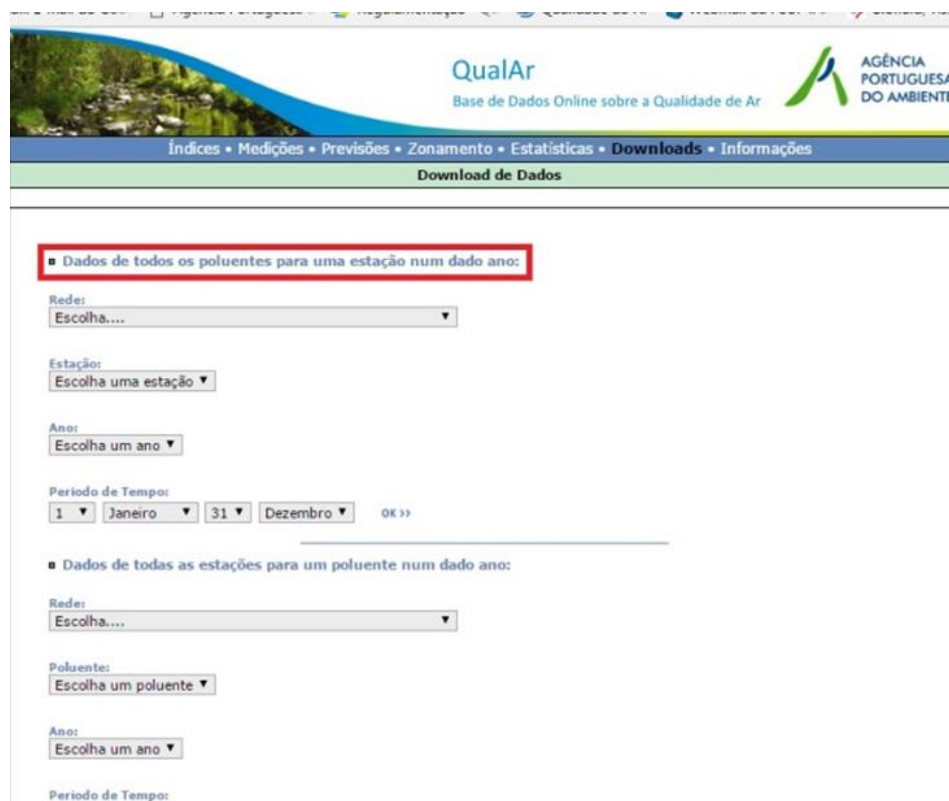


Figura 6: Poluentes por posto de medição, num ano

Opção 2- Dados de todos os pontos de medição para o poluente X, num certo ano;

Escolha uma estação ▼

Ano:
Escolha um ano ▼

Período de Tempo:
1 ▼ Janeiro ▼ 31 ▼ Dezembro ▼ OK >>

■ **Dados de todas as estações para um poluente num dado ano:**

Rede:
Escolha.... ▼

Poluente:
Escolha um poluente ▼

Ano:
Escolha um ano ▼

Período de Tempo:
1 ▼ Janeiro ▼ 31 ▼ Dezembro ▼ OK >>

■ **Dados de uma estação por poluente:**

Estação:
Escolha.... ▼

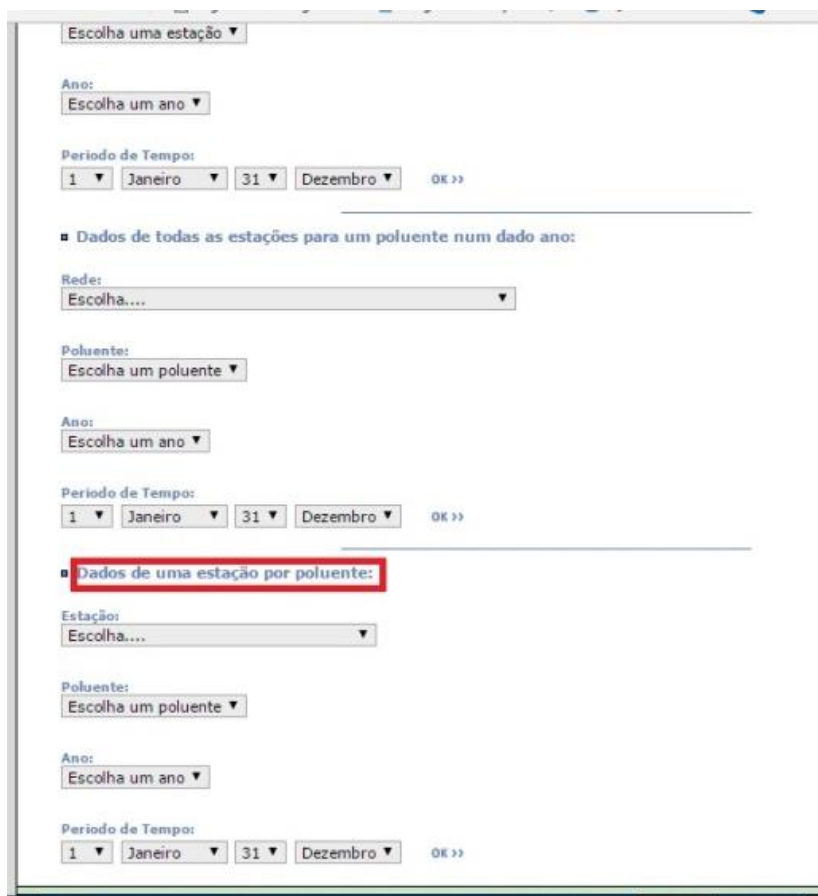
Poluente:
Escolha um poluente ▼

Ano:
Escolha um ano ▼

Período de Tempo:
1 ▼ Janeiro ▼ 31 ▼ Dezembro ▼ OK >>

Figura 7: Pontos de medição para o poluente X

Opção 3- Por último, a obtenção de dados dum ponto de medição por poluente:



The image shows a web application interface with two main sections for data selection. The first section, titled "Dados de todas as estações para um poluente num dado ano:", includes a dropdown for "Rede" and a dropdown for "Poluente". The second section, titled "Dados de uma estação por poluente:" (highlighted with a red box), includes a dropdown for "Estação" and a dropdown for "Poluente". Both sections have an "Ano:" dropdown and a "Período de Tempo:" section with buttons for "1", "Janeiro", "31", "Dezembro", and "OK >>". At the top, there is a dropdown for "Escolha uma estação".

Figura 8: Posto de medição por poluente

Todos os dados disponibilizados na base de dados da APA são colocados em formato de folha de cálculo Excel com todas as medições horárias no período de tempo escolhido. Para este estudo foi selecionado todo o ano civil, ou seja, de 1 de Janeiro a 31 de Dezembro. Consoante as opções escolhidas, a informação em cada folha de cálculo difere, desde situações simples a situações complexas.

As três diferentes opções possibilitaram consultas com diferentes objetivos: para verificar toda a informação dum posto de medição específico utilizar-se-ia a opção 1. Já a opção 2 revelou-se útil para diagnosticar a evolução anual dum poluente específico a nível nacional. Utilizou-se a opção 3 quando pretendido analisar apenas as medições dum só posto, para o ano em questão, obtendo-se assim apenas uma coluna de dados.

Após a aquisição dos dados em bruto foi necessário analisar os dados, a fim de posteriormente poderem ser exportados para o SPSS para o tratamento estatístico dos dados. Saliente-se que uma folha de cálculo Excel obtida pela opção 2 acima referida, relativa a um ano civil completo, terá 8764 dados por posto de medição ou, no caso dos anos bissextos, 8788 dados. Afigure-se um poluente medido a nível nacional em dezenas de postos de medição, o que leva a folhas de cálculo com centenas de milhares de células.

Tabela 2: Postos de medição dos poluentes atmosféricos
(base de dados da Agência Portuguesa do Ambiente)

Região	Posto de medição	Região	Posto de Mediçã
Açores	Faial	Centro	Aveiro
Madeira	Santana	Centro	Coimbra_Av_Fernao_Magalhaes
LisboaValeTejo	Alfragide_Amadora	Centro	Ervedeira
LisboaValeTejo	Alverca	Centro	Estarreja_Teixugueira
LisboaValeTejo	Arcos	Centro	Fornelo_do_Monte
LisboaValeTejo	Av_Liberdade	Centro	Fundao
LisboaValeTejo	Beato	Centro	Instituto_Geofisico_Coimbra
LisboaValeTejo	Benfica	Centro	Montemor_O_Velho
LisboaValeTejo	Cascais_Mercado	Centro	Ilhavo
LisboaValeTejo	Chamusca	Centro	Instituto_Geofisico_Coimbra
LisboaValeTejo	Entrecampos	Centro	Montemor_O_Velho
LisboaValeTejo	Escavadeira	Centro	Ilhavo
LisboaValeTejo	Fernando_Po	Norte	Anta_Espinho
LisboaValeTejo	Fidalguinhos	Norte	Avintes
LisboaValeTejo	Laranjeiro	Norte	Burgaes_Santo_Tirso
LisboaValeTejo	Lavradio	Norte	Custoias_Matosinhos
LisboaValeTejo	Loures_Centro	Norte	D_Manuel_II_Vermoim
LisboaValeTejo	Lourinha	Norte	Ermesinde_Valongo
LisboaValeTejo	Mem_Martins	Norte	Fr_Bartolomeu_Martires_S_Vitor
LisboaValeTejo	Odivelas_Ramada	Norte	Francisco_Sa_Carneiro_Campanha
LisboaValeTejo	Olivais	Norte	Frossos_Braga
LisboaValeTejo	Paio_Pires	Norte	Leça_Balio_Matosinhos
LisboaValeTejo	Quebedo	Norte	Meco_Perafita
LisboaValeTejo	Quinta_Marques	Norte	Mindelo_Vila_do_Conde
LisboaValeTejo	Reboleira	Norte	Pacos_Ferreira
LisboaValeTejo	Restelo	Norte	Pe_Moreira_Neves_Casteloes_de_Cepeda
LisboaValeTejo	Santa_Cruz_de_Benfica	Norte	Seara_Matosinhos
Alentejo	Monte_Chaos	Norte	Sobreiras_Lordelo_Douro
Alentejo	Monte_Velho	Norte	VNTelha_Maia
Alentejo	Santiago_Cacem		
Alentejo	Sonoga		
Alentejo	Terena		
Algarve	Cerro		
Algarve	David_Neto		
Algarve	Joaquim_Magalhaes		
Algarve	Malpique		

Apresentação e Análise dos Resultados:

A apresentação dos resultados é realizada usando figuras de evolução das concentrações dos poluentes, tabelas de estatística descritiva, histogramas da distribuição dos poluentes e ainda um quadro de análise da correlação entre os vários poluentes analisados.

Os dados horários foram extraídos do site da APA. Foi calculado o valor médio por estação e por ano para cada poluente. Para cada ano, fizeram-se as médias de todas as estações por poluente. É apresentada uma análise descritiva das concentrações dos poluentes por meio (rural/urbano) para os seis anos (2010-2015). A evolução global (englobando urbano e rural) da concentração média horária dos poluentes entre 2010 e 2015, é apresentada nos gráficos seguintes.

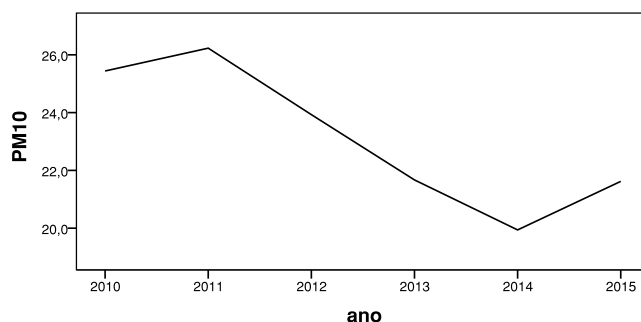


Figura 9 - Evolução das concentrações de PM₁₀ entre 2010 e 2015 (médias horárias em µg/m³).

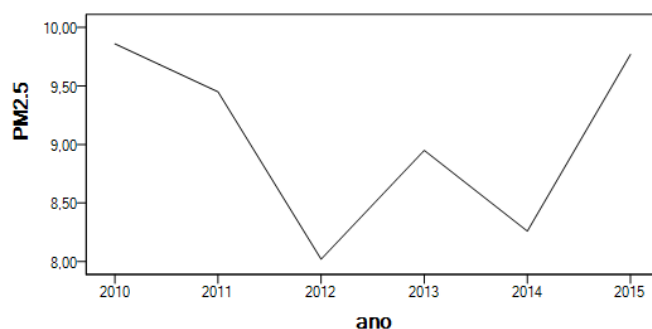


Figura 10 - Evolução das concentrações de PM_{2,5} entre 2010 e 2015 (médias horárias em µg/m³).

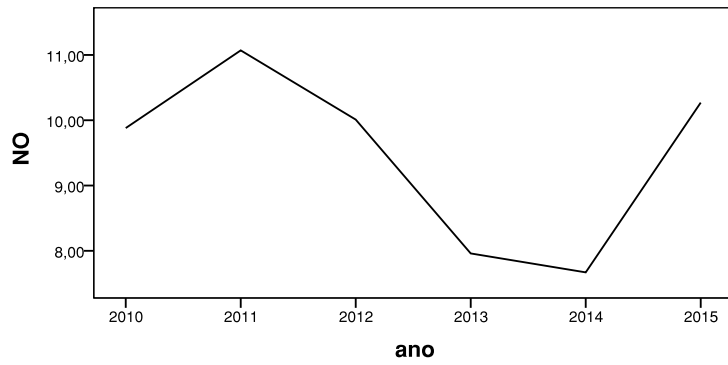


Figura 11 - Variação das concentrações de NO entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m³).

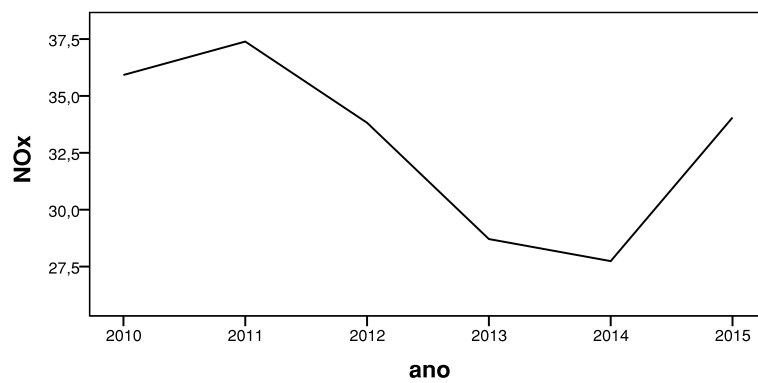


Figura 12 - Variação das concentrações de NOx entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m³).

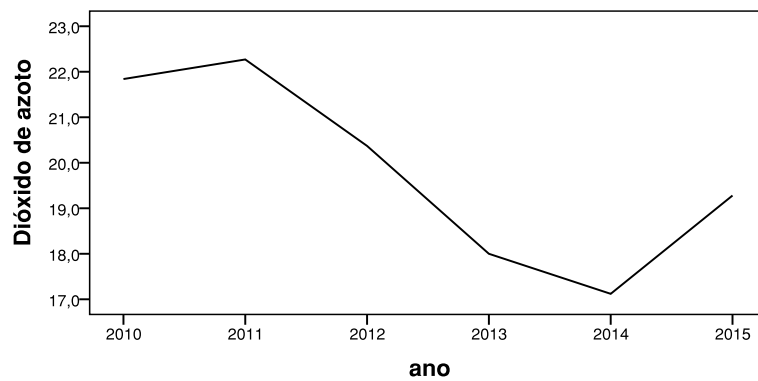


Figura 13 - Variação das concentrações de NO₂ entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m³).

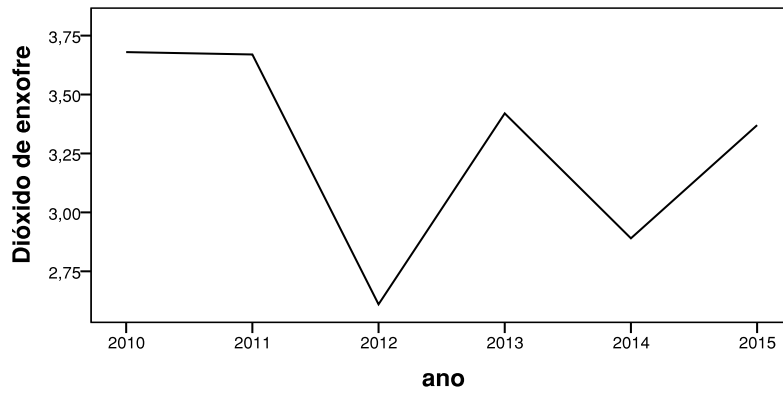


Figura 14 - Variação das concentrações de SO₂ entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m³).

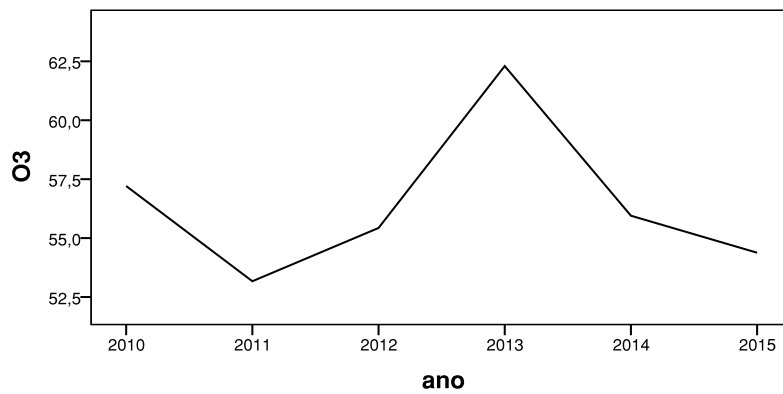


Figura 15 - Variação das concentrações de O₃ entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m³).

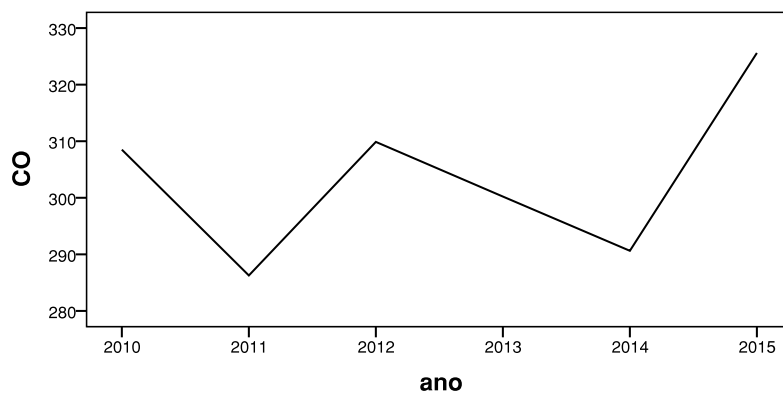


Figura 16 - Variação das concentrações de CO entre 2010 e 2015 (valores médios em µg/m³).

Por não haver dados suficientes para o monóxido de carbono, não foi feito estudo estatístico descritivo por meio (rural/urbano).

Apresentam-se algumas medidas descritivas correspondentes às concentrações dos poluentes por meio (rural/urbano) para os seis anos (2010-2015).

Tabela 3: medidas descritivas correspondentes à concentração de PM₁₀ por meio e por ano.

		Partículas 10 (µg/m ³)										
		n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Percentil 5	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo	
Ano	2010	Urbano	48	27.816	6.627	16.290	17.160	23.030	27.635	31.510	41.320	46.230
		Rural	13	16.772	4.487	6.770	6.770	14.530	16.600	20.370	23.040	23.040
	2011	Urbano	50	28.824	8.003	1.710	19.550	23.210	28.515	32.940	44.180	45.460
		Rural	13	16.338	6.452	6.330	6.330	11.710	16.690	22.180	25.610	25.610
	2012	Urbano	46	26.261	6.034	15.340	18.710	21.670	26.155	29.570	35.040	47.840
		Rural	13	15.205	5.004	5.500	5.500	12.680	14.340	20.310	21.770	21.770
	2013	Urbano	47	23.387	6.732	1.240	14.880	19.910	23.290	26.240	36.000	43.240
		Rural	13	15.475	4.940	5.950	5.950	12.340	15.930	19.860	21.860	21.860
	2014	Urbano	47	21.245	5.741	9.040	12.310	17.630	20.890	23.950	30.600	41.680
		Rural	13	15.219	4.390	4.900	4.900	13.670	16.280	17.290	21.980	21.980
	2015	Urbano	47	22.809	5.519	14.670	16.100	19.510	21.980	24.870	31.070	45.600
		Rural	13	17.307	4.820	5.670	5.670	13.830	19.230	20.660	22.740	22.740

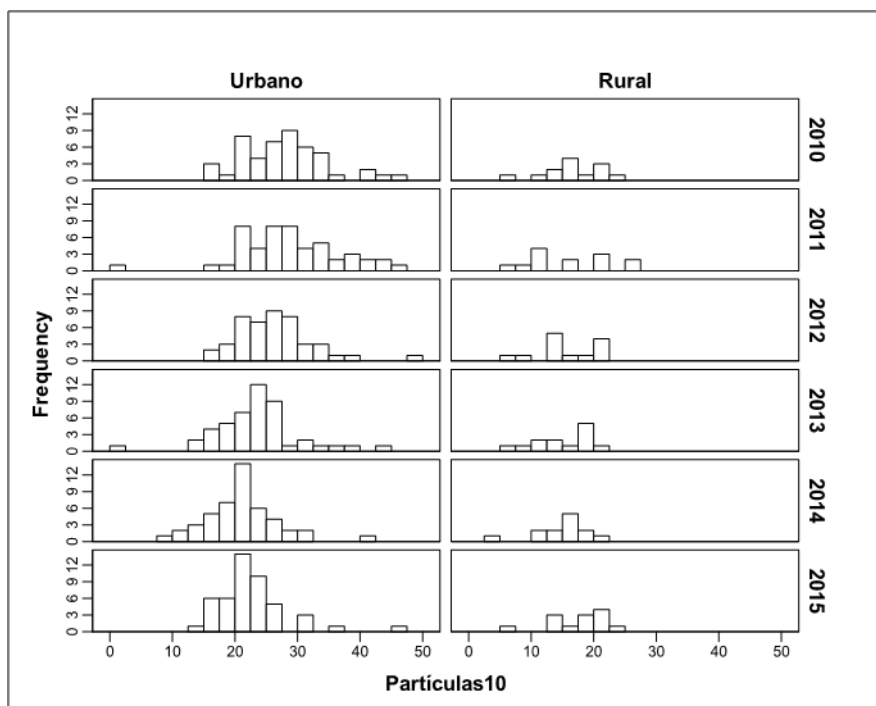


Figura 17: Histograma da concentração média horária (µg/m³) das PM₁₀ por meio e por ano.

Tabela 4: medidas descritivas correspondentes à concentração de $PM_{2.5}$ por meio e por ano.

			Partículas 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
			n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Percentil 5	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo
Ano	2010	Urbano	12	12.160	5.499	7.910	7.910	8.320	10.445	13.795	27.340	27.340
		Rural	10	8.274	3.367	3.380	3.380	6.740	7.655	9.910	14.740	14.740
	2011	Urbano	11	10.913	3.759	5.670	5.670	6.940	11.980	14.100	16.750	16.750
		Rural	9	8.458	3.929	3.500	3.500	6.170	7.870	10.200	16.440	16.440
	2012	Urbano	10	8.921	4.288	1.410	1.410	6.540	8.825	10.790	17.260	17.260
		Rural	11	7.196	3.365	2.320	2.320	4.850	7.020	8.890	14.900	14.900
	2013	Urbano	9	9.776	2.924	4.780	4.780	7.060	10.390	11.740	14.050	14.050
		Rural	10	8.484	4.964	2.870	2.870	4.830	8.035	10.670	17.740	17.740
	2014	Urbano	12	8.670	2.883	3.330	3.330	6.385	8.585	11.140	12.840	12.840
		Rural	11	7.803	5.195	2.940	2.940	4.470	6.350	10.160	21.260	21.260
	2015	Urbano	11	10.793	2.848	7.430	7.430	7.990	11.330	13.540	14.940	14.940
		Rural	11	8.753	3.951	2.740	2.740	5.470	8.000	12.220	14.630	14.630

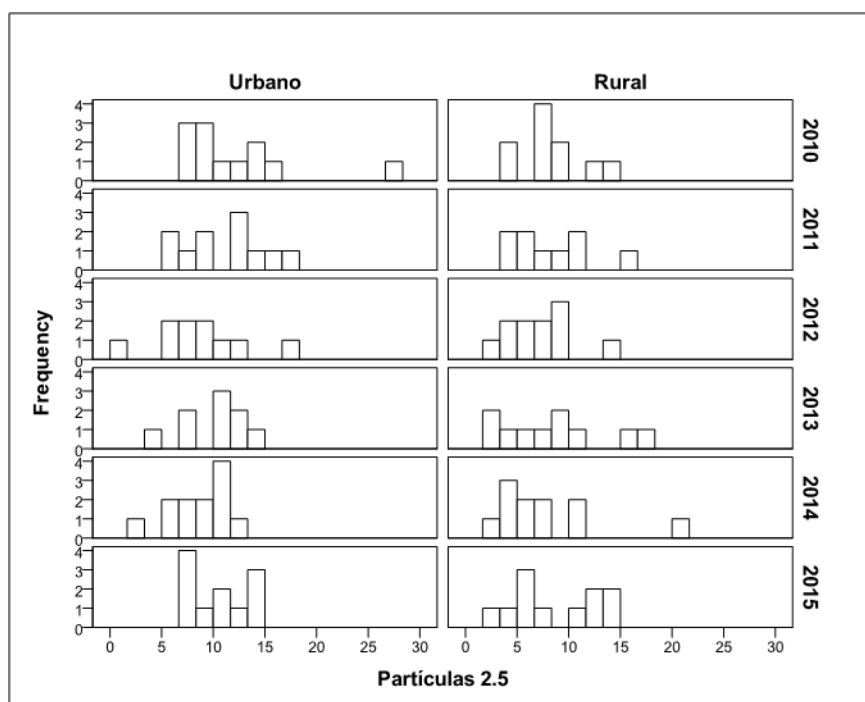


Figura 18: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das $PM_{2.5}$ por meio e por ano.

Tabela 5: medidas descritivas correspondentes à concentração de NO por meio e por ano.

			Monóxido Azoto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
			n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Percentil 5	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo
Ano	2010	Urbano	49	11.898	11.390	1.110	2.230	4.850	7.290	14.240	35.100	52.830
		Rural	13	1.143	.505	.360	.360	.760	1.100	1.470	1.970	1.970
	2011	Urbano	50	13.253	12.269	1.320	3.420	6.340	8.965	15.840	44.900	60.400
		Rural	12	1.367	.995	.270	.270	.760	1.185	1.705	3.980	3.980
	2012	Urbano	46	12.407	11.107	1.280	3.340	5.140	8.360	14.590	35.080	47.520
		Rural	13	1.416	.909	.290	.290	.980	1.100	1.970	3.560	3.560
	2013	Urbano	44	9.878	9.415	.440	1.950	3.755	6.480	11.300	28.430	41.850
		Rural	13	1.455	.909	.320	.320	.760	1.370	1.790	3.560	3.560
	2014	Urbano	46	9.430	9.985	.940	1.300	2.960	5.815	10.140	31.310	38.910
		Rural	13	1.458	.811	.280	.280	1.060	1.390	1.630	2.900	2.900
	2015	Urbano	43	12.251	13.699	.840	1.290	4.580	7.210	11.900	42.180	62.280
		Rural	13	1.639	.907	.340	.340	1.110	1.240	2.450	3.350	3.350

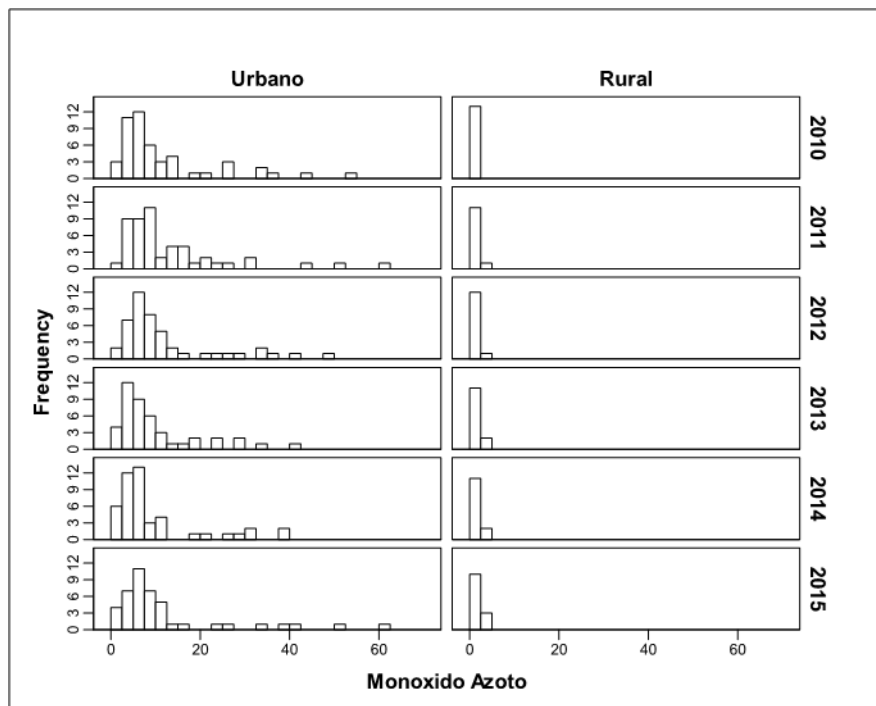


Figura 19: Histograma da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do NO por meio e por ano.

Tabela 6: medidas descritivas correspondentes à concentração de NO_x por meio e por ano.

		Óxidos de azoto (µg/m ³)										
		n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Percentil 5	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo	
Ano	2010	Urbano	49	42.743	28.946	5.470	12.350	24.850	33.420	50.440	101.720	145.780
		Rural	13	6.100	2.402	3.080	3.080	4.680	5.130	7.520	11.170	11.170
	2011	Urbano	49	44.075	29.857	5.760	10.190	27.700	34.600	52.090	111.420	146.750
		Rural	12	6.572	2.967	1.610	1.610	4.390	6.370	8.820	11.120	11.120
	2012	Urbano	46	41.563	28.134	3.930	10.650	26.400	31.810	50.090	98.450	131.050
		Rural	13	5.901	2.035	2.680	2.680	4.590	5.710	7.030	10.170	10.170
	2013	Urbano	44	35.286	24.048	5.020	8.550	21.915	27.625	41.230	78.570	113.670
		Rural	13	6.445	3.563	1.950	1.950	4.350	5.890	6.770	16.880	16.880
	2014	Urbano	46	33.940	26.053	3.900	6.120	18.160	26.245	38.540	91.280	112.530
		Rural	13	5.803	3.171	2.310	2.310	3.250	5.840	6.550	14.530	14.530
	2015	Urbano	43	40.861	32.761	6.500	11.060	23.150	29.280	44.020	105.510	159.100
		Rural	13	6.602	3.692	1.820	1.820	4.830	5.730	8.270	15.420	15.420

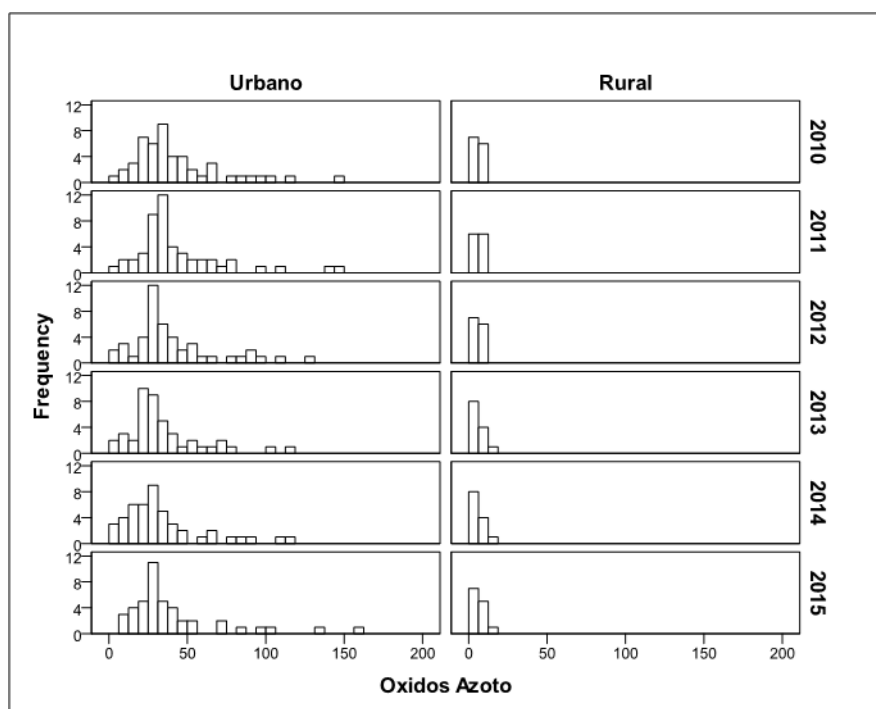


Figura 20: Histograma da concentração média horária (µg/m³) dos NO_x por meio e por ano.

Tabela 7: medidas descritivas correspondentes à concentração de NO₂ por meio e por ano.

		Dióxido de Azoto (µg/m ³)										
		n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Percentil 5	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo	
Ano	2010	Urbano	49	25.647	12.183	3.980	9.420	16.640	22.700	31.000	47.720	64.870
		Rural	13	5.459	2.489	2.640	2.640	3.520	5.330	6.920	10.000	10.000
	2011	Urbano	50	25.860	11.977	3.930	8.080	18.780	23.625	31.370	47.560	61.360
		Rural	12	5.508	2.313	1.400	1.400	4.480	5.285	6.595	9.180	9.180
	2012	Urbano	47	24.590	11.970	3.250	9.340	16.150	22.060	30.530	46.590	58.190
		Rural	13	4.912	2.038	2.260	2.260	3.630	4.420	5.820	8.480	8.480
	2013	Urbano	44	21.763	10.614	3.680	5.660	15.185	20.285	26.265	38.800	52.770
		Rural	13	5.283	2.849	1.420	1.420	3.550	4.250	6.260	12.850	12.850
	2014	Urbano	47	20.449	11.316	.100	4.270	13.860	18.600	26.360	44.050	53.240
		Rural	13	5.108	2.928	.650	.650	3.980	4.600	6.140	11.090	11.090
	2015	Urbano	43	22.954	12.297	5.250	7.220	14.730	18.960	27.640	46.030	64.550
		Rural	13	5.450	3.173	.960	.960	2.840	5.640	6.800	11.820	11.820

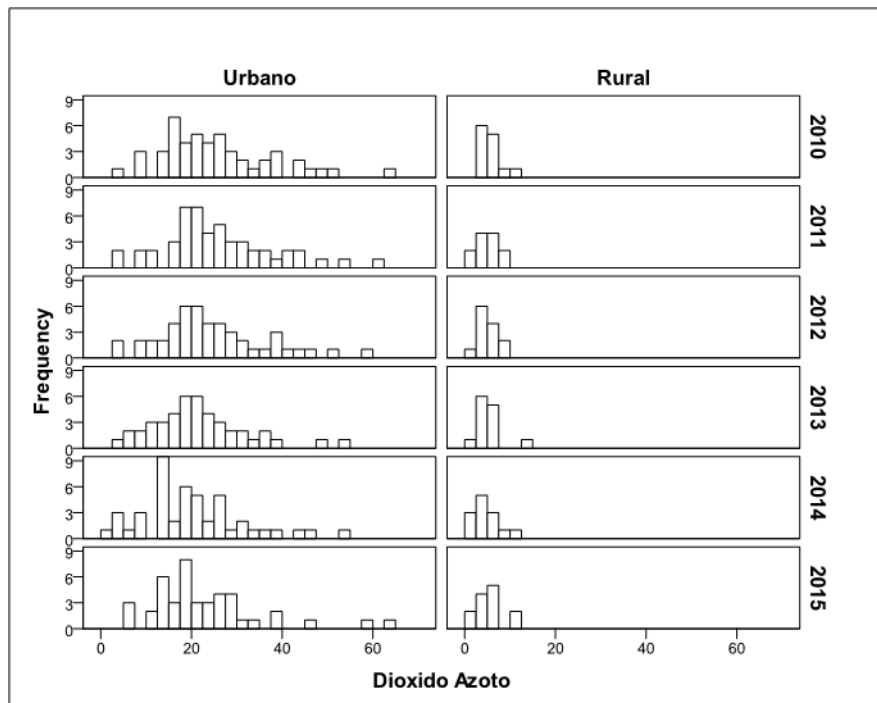


Figura 21: Histograma da concentração média horária (µg/m³) de NO₂ por meio e por ano.

Tabela 8: medidas descritivas correspondentes à concentração de SO₂ por meio e por ano.

			Dióxido enxofre (µg/m ³)									
			n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Percentil 5	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo
Ano	2010	Urbano	37	3.860	3.044	0.420	0.450	2.170	2.850	5.320	11.360	13.600
		Rural	14	3.209	2.358	0.520	0.520	1.430	2.580	4.700	9.160	9.160
	2011	Urbano	36	4.268	4.168	.260	.510	1.525	3.110	4.665	17.180	17.300
		Rural	13	2.304	1.395	.510	.510	1.430	1.650	3.520	5.020	5.020
	2012	Urbano	21	2.885	1.954	.330	1.020	1.270	2.540	3.790	6.950	7.030
		Rural	13	2.323	1.325	.660	.660	1.110	2.220	3.310	4.670	4.670
	2013	Urbano	15	3.549	2.394	1.020	1.020	1.620	2.730	5.910	7.920	7.920
		Rural	13	3.263	3.326	.520	.520	1.140	2.030	3.730	5.940	5.940
	2014	Urbano	16	3.010	2.753	.480	.480	1.300	2.175	3.290	10.410	10.410
		Rural	12	2.725	1.214	1.240	1.240	1.835	2.600	3.295	5.400	5.400
	2015	Urbano	17	3.360	2.613	.550	.550	1.360	2.110	6.160	8.300	8.300
		Rural	11	3.270	1.987	.670	.670	1.700	3.120	5.490	6.820	6.820

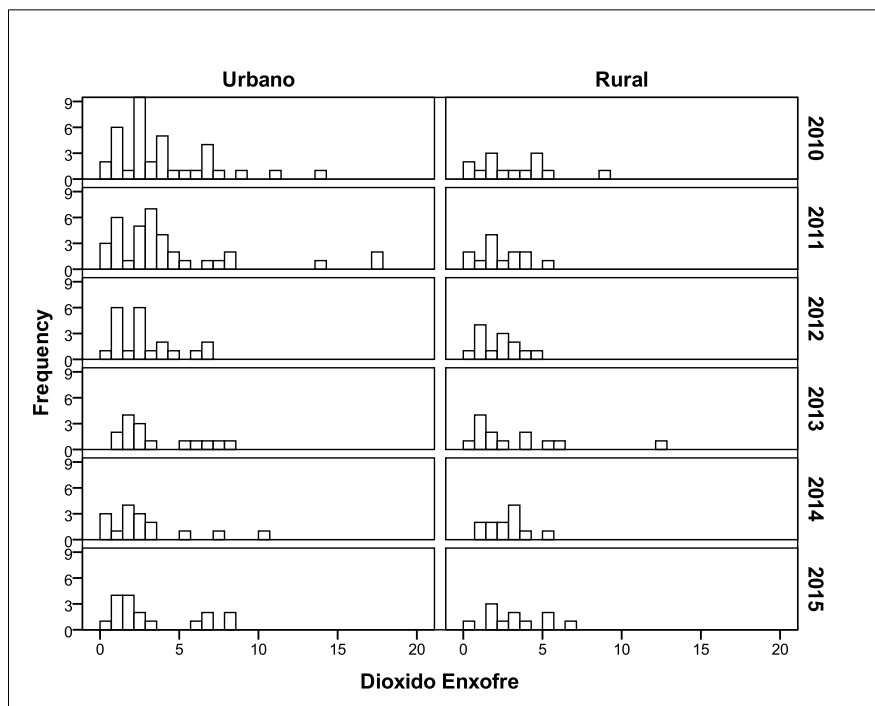


Figura 22: Histograma da concentração média horária (µg/m³) de SO₂ por meio e por ano.

Tabela 9: medidas descritivas correspondentes à concentração de O₃ por meio e por ano.

			Ozono (µg/m ³)									
			n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Percentil 5	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Percentil 95	Máximo
Ano	2010	Urbano	36	54.349	9.767	38.990	40.190	46.530	55.030	60.570	71.440	75.820
		Rural	14	68.104	13.207	41.070	41.070	62.970	67.555	74.870	92.300	92.300
	2011	Urbano	37	50.268	12.430	17.140	32.050	43.270	46.970	57.450	73.410	74.210
		Rural	13	64.591	15.654	33.650	33.650	61.330	68.350	72.100	88.010	88.010
	2012	Urbano	34	51.072	11.528	22.590	31.130	42.840	47.910	58.980	71.690	72.780
		Rural	13	66.698	11.054	46.500	46.500	59.570	69.090	71.940	83.290	83.290
	2013	Urbano	33	57.762	11.543	29.850	30.800	51.410	54.800	64.830	75.920	76.400
		Rural	13	73.803	10.886	48.430	48.430	67.950	77.570	82.950	85.900	85.900
	2014	Urbano	33	52.713	11.942	28.600	29.250	44.770	52.200	63.250	70.370	74.470
		Rural	13	64.164	9.313	42.650	42.650	58.290	66.930	71.880	74.770	74.770
	2015	Urbano	33	50.168	11.545	25.310	29.630	43.480	49.820	57.250	70.340	76.720
		Rural	13	65.084	9.569	43.300	43.300	60.000	65.240	70.370	79.080	79.080

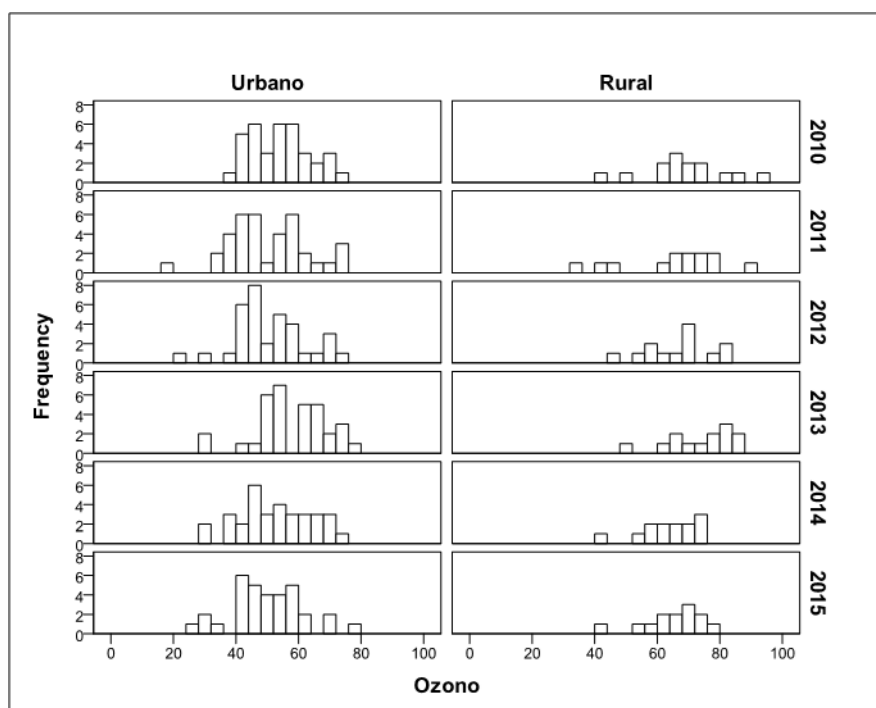


Figura 23: Histograma da concentração média horária (µg/m³) de O₃ por meio e por ano.

Os histogramas permitem-nos comentar sobre a dispersão e concentração dos dados. Como para cada poluente o histograma correspondente ao meio urbano e rural se encontram na mesma escala é-nos permitido comparar distribuições. No entanto, como os dados referentes aos meios rurais são em menor quantidade os gráficos são menos elucidativos.

As figuras 17 e 18 apresentam a distribuição das partículas inaláveis. De um modo geral os valores das PM_{10} são mais dispersos no meio urbano do que no meio rural. Repare-se que relativamente às $PM_{2.5}$ observa-se um valor bastante elevado num meio rural e no ano de 2014.

As figuras 19 a 21 apresentam a distribuição das concentrações dos vários óxidos de azoto. No meio rural a dispersão dos dados é pouco significativa enquanto no meio urbano é mais significativa. Observam-se valores aberrantes no meio urbano em praticamente todos os anos em análise com especial expressão no ano de 2015. De uma forma consistente o valor mais aberrante corresponde à estação Francisco Sá Carneiro- Campanhã na cidade do Porto com é apontado via gráficos de caixas de bigodes. Os processos de combustão tendem a emitir baixas concentrações de NO_2 relativamente aos valores de NO , mas ao entrar em contacto com o oxigénio do ar, as moléculas de NO convertem-se em NO_2 e, por este motivo, as concentrações de sempre superiores. O grupo dos óxidos de azoto que incluem aqui o NO , NO_x e o NO_2 apresentam uma distribuição consistente, tal como seria de esperar.

Análise dos coeficientes de correlação entre as concentrações dos diferentes poluentes para o ano de 2015

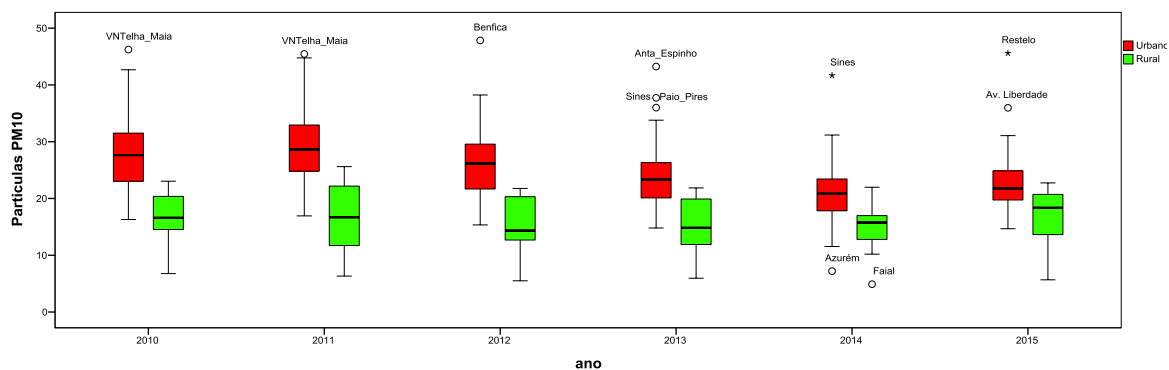
Na tabela 10 estão apresentados os coeficientes de correlação de Pearson entre os poluentes para o ano de 2015. Podemos verificar a existência de três grupos: os compostos azotados fortemente correlacionados positivamente, o ozono e monóxido de carbono fortemente correlacionados negativamente e as partículas moderadamente correlacionadas positivamente.

Tabela 10 - Coeficientes de correlação entre os poluentes.

	Dióxido de azoto	Monóxido de azoto	Monóxido de carbono	Óxidos de azoto	Ozono	Partículas 10	Partículas 2.5
Dióxido de enxofre	-0.416	-0.257	-0.475	-0.321	0.272	-0.40	0.053
Dióxido de azoto		0.908	0.480	0.969	-0.673	0.382	0.432
Monóxido de azoto			0.625	0.980	-0.639	0.279	0.289
Monóxido de carbono				0.555	-0.864	-0.097	-0.416
Óxidos azoto					-0.675	0.326	0.389
Ozono						-0.258	-0.423
Partículas 10							0.674

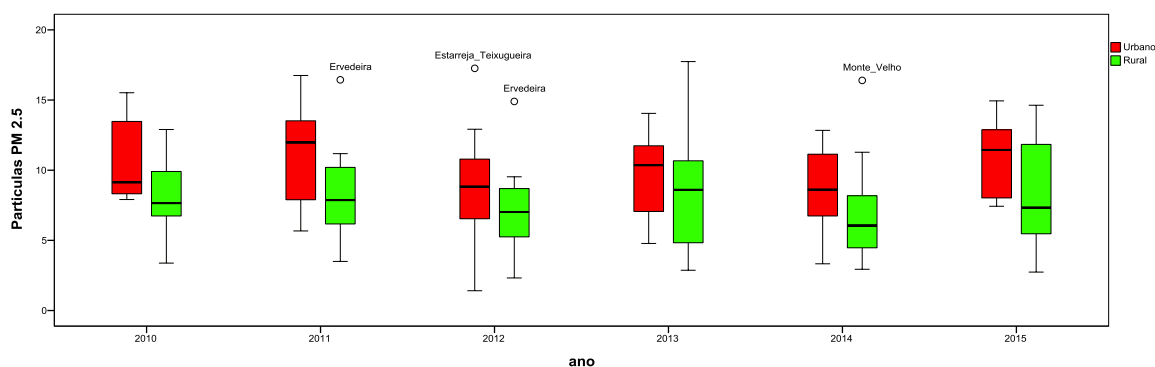
Caixas de bigodes da concentração dos poluentes discriminada por meio e para o período de 2010 a 2015

Nas figuras 24 a 29 estão representadas as caixas-de-bigodes da concentração dos poluentes para os meios urbanos e rural, exceto o CO, para o qual não havia valores suficientes.



2010	2011	2012	2013			2014			2015	2015
Vila Nova da Telha	Vila Nova da Telha	Benfica	Sines	Paio Pires	Antas Espinho	Sines	Azurém	Faial	Restelo	Av, da Liberdade
99,50%	99,50%	15,00%	18,90%	44,70%	39,00%	32,00%	23,00%	93,60%	3,50%	94,30%

Figura 24: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das PM_{10} , discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”.



2011	2012		2014
Ervedeira	Ervedeira	Estarreja	Monte Velho
98,90%	99,40%	93,40%	3,10%

Figura 25: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) das $\text{PM}_{2,5}$, discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”.

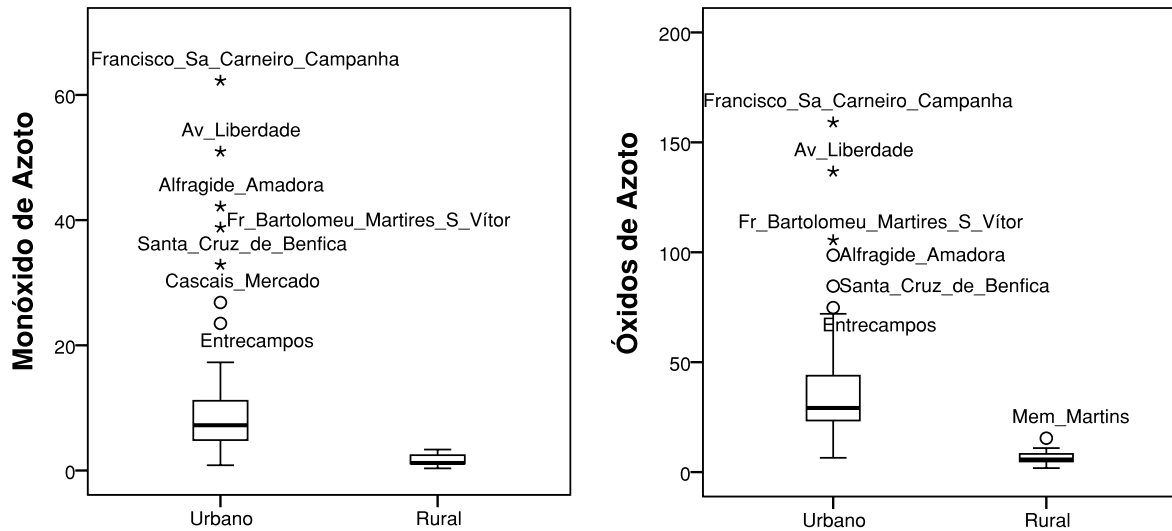
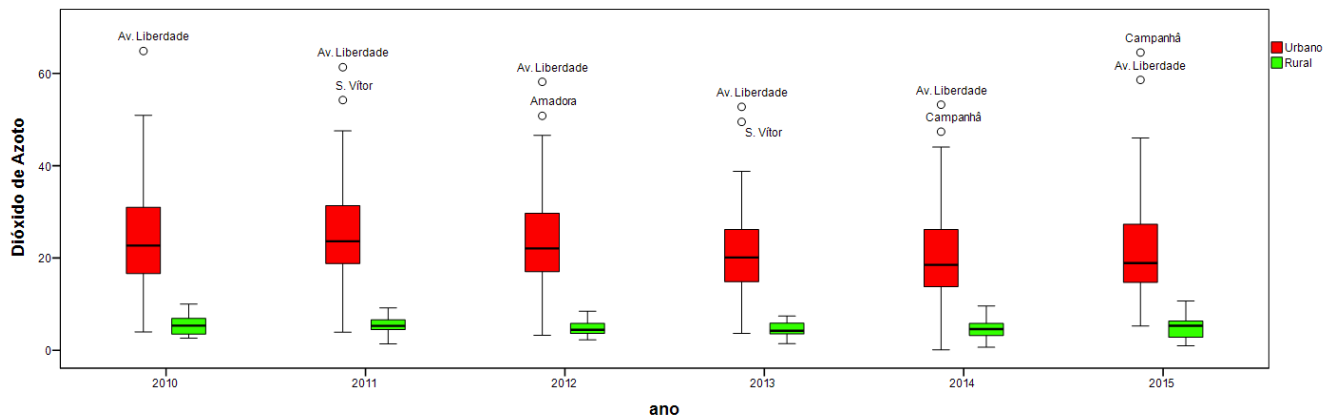
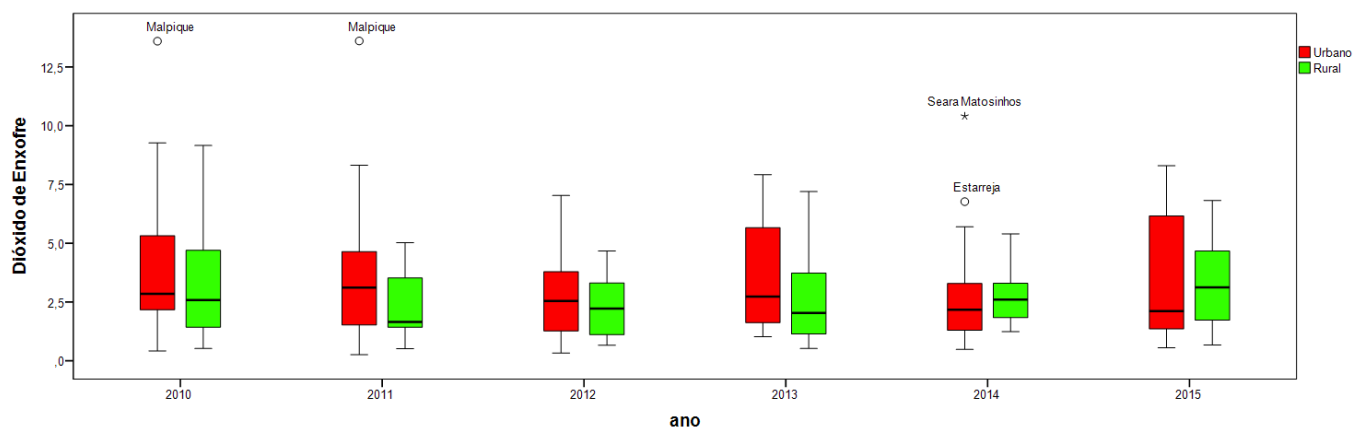


Figura 26: Caixas de bigodes da concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO e NO_x, respetivamente, discriminada por meio e para o ano de 2015.



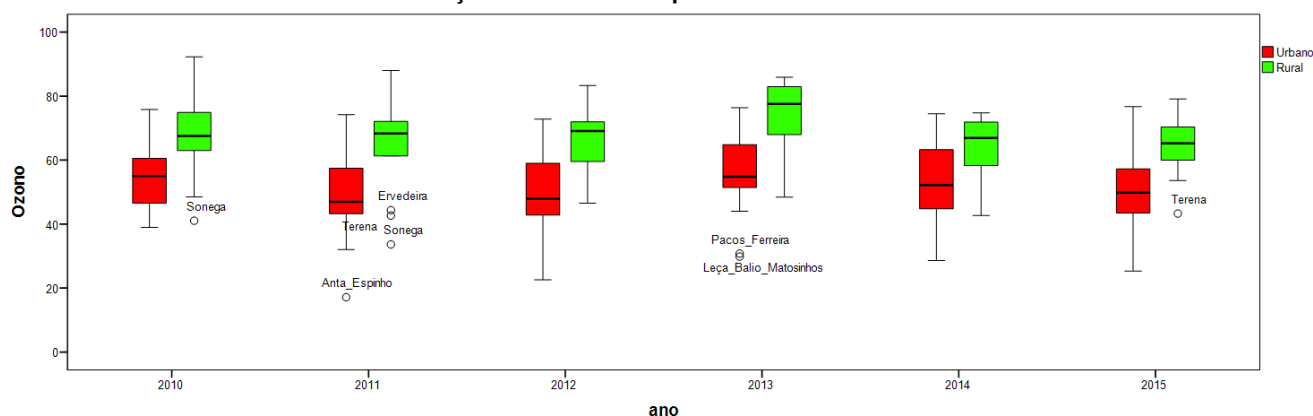
2010	2011		2012		2013		2014		2015	
Avenida da Liberdade	Avenida da Liberdade	S. Vitor	Avenida da Liberdade	Amadora	Avenida da Liberdade	S. Vitor	Avenida da Liberdade	Campanhã	Campanhã	Avenida da Liberdade
99,00%	97,50%	62,00%	91,70%	59%	94,70%	99,80%	96,60%	31,70%	92,50%	98,70%

Figura 27: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do NO₂, discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”.



2010	2011	2014	
Malpique	Malpique	Seara Matosinhos	Estarreja
61,20%	44,10%	10,70%	93,90%

Figura 28: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do SO_2 , discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”.



2010	2011				2013		2015
Sonega	Anta Espinho	Ervedeira	Terena	Sonega	Paços de Ferreira	Leça do Balio Matosinhos	Terena
69,40%	69,40%	99,50%	91,70%	99,80%	97%	100%	94,10%

Figura 29: Caixas de bigodes da concentração média horária ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) do O_3 , discriminada por meio e verificação da eficiência para os “outliers”.

A análise visual destes gráficos parece mostrar que, para o grupo dos azotos, as diferenças entre os dois meios são mais evidentes que para os outros poluentes.

Os gráficos do grupo dos azotos evidenciam também a existência de valores anormalmente altos de concentrações que são considerados outliers (valores que se desviam muito dos valores mais frequentes).

As estações com valores extremos severos são: Francisco Sá Carneiro/Campanhã; Avenida da Liberdade e Frei Bartolomeu dos Mártires (óxidos de azoto e monóxidos de azoto); Alfragide/Amadora e Santa Cruz de Benfica (monóxido de azoto).

No que respeita ao dióxido de enxofre, não são evidentes grandes diferenças entre os valores dos dois meios. No entanto, a distribuição das concentrações é assimétrica positiva no meio urbano e aproximadamente simétrica no meio rural.

Para as partículas $PM_{2,5}$ os valores no meio urbano são superiores, sendo grande a dispersão no meio rural. Para as partículas PM_{10} , os valores medianos são próximos, sendo a distribuição no meio rural acentuadamente assimétrica negativa. É de salientar, no meio urbano, a existência de duas estações que apresentam valores aberrantes: Restelo (extremo severo) e Avenida da Liberdade (extremo moderado). Eventos naturais também podem alterar os valores expectáveis para as partículas inaláveis [24].

Relativamente ao ozono, ambas as distribuições são aproximadamente simétricas observa-se que o meio rural apresenta valores mais elevados, sendo a estação de Terena a que apresenta o valor mais baixo do meio rural. Em Terena está instalada uma estação fixa de medição em contínuo situada na zona do Alentejo Interior onde são medidos os principais poluentes. É uma estação do tipo “rural de fundo”, quanto à sua localização/ambiente e objetivo/influência. Em Portugal existem 12 estações rurais de fundo, as quais representam a qualidade do ar livre da influência das fontes de emissão antropogénica. Estas estações servem para identificar ocorrência de catástrofes ambientais naturais como é o caso dos incêndios florestais ou a intrusão de ar transportando poeiras de regiões áridas Norte-africanas.

Terena

■ Dados da Estação

Código:	4006	
Data de início:	2005-02-15	
Tipo de Ambiente:	Rural	
Tipo de Influência:	Fundo	
Zona:	Alentejo Interior	
Rua:	Santuário da Sra. da Boa Nova	
Freguesia:	Terena (S.Pedro)	
Concelho:	Alandroal	
Coordernadas Gauss Militar (m)	Latitude:	183510
	Longitude:	264061
Coordernadas Geográficas WGS84	Latitude:	38°36'54"
	Longitude:	-7°23'51"
Altitude (m):	187	
Rede:	Rede de Qualidade do Ar do Alentejo	
Instituição:	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo	
Contacto:	266 777 900	

■ Poluentes

Poluente	Símbolo	Data de Início	Data de Fim
Monóxido de Azoto	NO	2005-02-15	
Dióxido de Azoto	NO2	2005-02-15	
Óxidos de Azoto	NOx	2005-02-15	
Ozono	O3	2005-02-15	
Dióxido de Enxofre	SO2	2005-02-15	
Partículas < 10 µm	PM10	2005-02-15	
Partículas < 2.5 µm	PM2.5	2005-02-15	

Figura 30: Informação retirada da base de dados do sítio da APA relativa à estação de Terena.

Devido à sua localização geográfica e baixa altitude Terena é afetada por massas de ar continentais (provenientes da Galiza ou do Sul de Portugal) permitindo inversões térmicas noturnas, não facilitando as misturas de ar e consequentemente não se verificando o transporte atmosférico de precursores azotados de ozono. O desenvolvimento de inversões térmicas noturnas permite isolar o sistema de modo que as concentrações de ozono diminuam como resultado da deposição seca e reações com o monóxido de azoto. Na figura seguinte apresenta-se uma comparação da variação média horária das concentrações de ozono, do monóxido de azoto e dos óxidos de azoto na estação de Terena ao longo do ano de 2015.

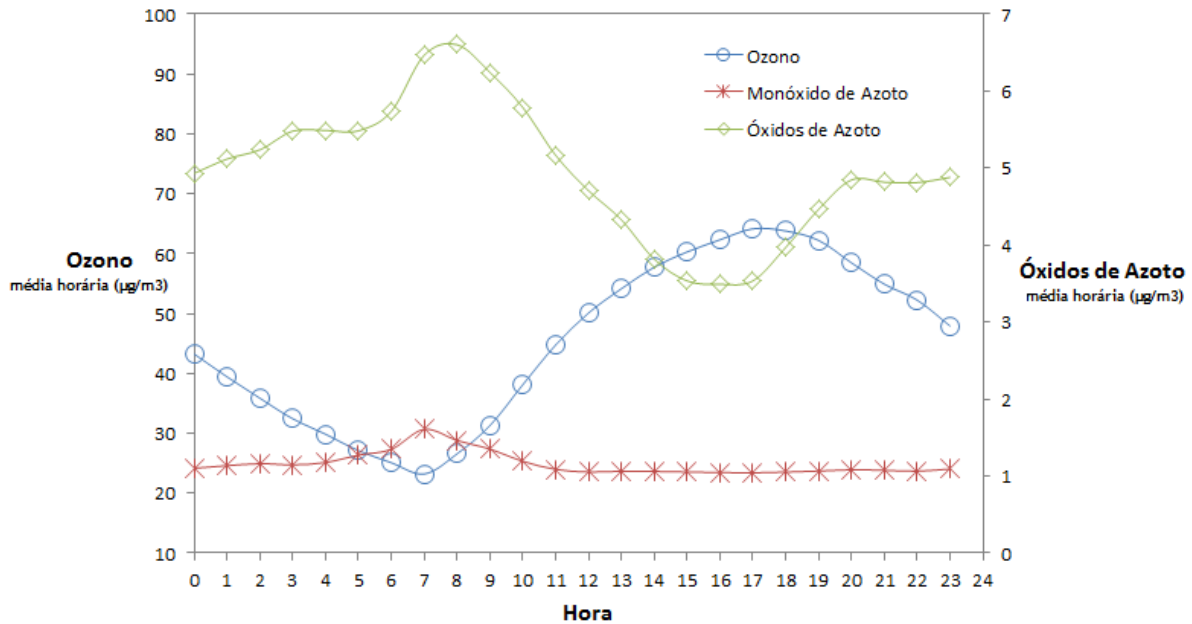


Figura 31: Variação média horária das concentrações de O₃, NO e NO_x em Terena calculada para a média dos dias do ano de 2015.

Durante a noite observam-se os valores mais baixos de ozono mantendo-se em Terena num patamar dos 30 µg.m⁻³. Em ambiente rural as concentrações máximas horárias de ozono observam-se entre as 15:00-16:00 e os valores mínimos registam-se por volta das 06:00 horas. Este ciclo revela a importância da radiação solar e das reações fotoquímicas na produção de ozono troposférico. As concentrações de ozono variam inversamente com as concentrações de óxidos de azoto. Por outro lado, a presença de ozono é variável com a altitude verificando-se reduções pronunciadas de ozono associadas à deposição seca depois de se ter instalado uma inversão térmica [25, 26].

O ozono troposférico é considerado um poluente secundário. A sua formação resulta de reações que ocorrem na atmosfera desencadeadas pela ação da luz solar, na presença de certos compostos designados por precursores com origem antropogénica e biogénica, nomeadamente os óxidos de azoto e os compostos orgânicos voláteis (hidrocarbonetos). Deste modo, a concentração de ozono depende dos poluentes precursores, da época do ano e da latitude (fatores que influenciam a intensidade da radiação solar). Na estação de Terena a eficiência dos registos de ozono é de 92% mas a eficiência dos registos do monóxido de azoto (50%) e dos óxidos de azoto (57%) é muito baixa devendo apenas considerar-se como valores indicativos. Mesmo assim registe-se que os valores médios de óxidos de azoto são muito inferiores aos valores registados noutras estações rurais. Não havendo óxidos de azoto e sem poluição, as concentrações de ozono registadas também deverão ser baixas.

Verificação da situação de excedências ao valor limite (VL) para a proteção humana dos poluentes registados na estação dos Olivais para o ano de 2015

O posto de medição dos Olivais é o único, de todos os contemplados, que efetuou medições no período de 2010 a 2015 aos oito poluentes em análise. É uma estação do tipo “urbana de fundo”, quanto à sua localização/ambiente e objetivo/influência. Por este motivo, considerou-se interessante verificar a situação de excedência ao valor limite diário de cada um dos poluentes em análise. Na figura seguinte apresenta-se a descrição da estação dos Olivais disponibilizada pela APA.

Olivais

■ Dados da Estação

Código:	3071	
Data de início:	1992-03-01	
Tipo de Ambiente:	Urbana	
Tipo de Influência:	Fundo	
Zona:	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	
Rua:	Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho, Avenida Francisco Luis Gomes	
Freguesia:	Santa Maria dos Olivais	
Concelho:	Lisboa	
Coordernadas Gauss Militar (m)	Latitude:	200726
	Longitude:	115342
Coordernadas Geográficas WGS84	Latitude:	38°46'08"
	Longitude:	-9°06'29"
Altitude (m):	32	
Rede:	Rede de Qualidade do Ar de Lisboa e Vale do Tejo	
Instituição:	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo	
Contacto:	21 0101 300	

(a) a zona é uma aglomeração

■ Poluentes

Poluente	Símbolo	Data de Início	Data de Fim
Monóxido de Azoto	NO	1992-03-01	
Dióxido de Azoto	NO2	1992-03-01	
Óxidos de Azoto	NOx	1992-03-01	
Ozono	O3	2002-02-26	
Dióxido de Enxofre	SO2	1992-03-01	
Partículas < 10 µm	PM10	1999-07-01	
Partículas < 2.5 µm	PM2.5	2004-01-17	
Monóxido de Carbono	CO	1992-03-01	

Figura 32: Informação retirada da base de dados do sítio da APA relativa à estação dos Olivais.

Os valores limite referenciados nas diretivas europeias têm, logicamente valores distintos consoante o período de referência é de um dia, uma hora, um ano ou ainda a média de base octo-horária (8 horas).

Na tabela seguinte apresentam-se os valores limites referenciados na diretiva europeia para proteção da saúde humana.

Tabela 11: Valores limite para a proteção humana de acordo com o anexo XI da diretiva.

Poluentes	Período de referência			
	1 Hora	1 Dia	8 Horas	1 Ano
PM ₁₀	---	50 µg/m ³	---	40 µg/m ³
PM _{2.5}	---	---	---	25 µg/m ³
Monóxido de azoto	---	---	---	---
Óxidos de azoto	200 µg/m ³	---	---	40 µg/m ³
Dióxido de azoto	200 µg/m ³	---	---	40 µg/m ³
Dióxido de enxofre	350 µg/m ³	125 µg/m ³	---	---
Ozono	---	---	120 µg/m ³	---
Monóxido de carbono	---	---	10 mg/m ³	---

A eficiência anual da estação dos Olivais é superior a 93% exceto para as medições do monóxido de carbono que apresenta valores da ordem dos 83%. Sendo desejável obter a série de dados anual o mais completa possível, a eficiência mínima a considerar para uma estação com medições em contínuo é de 85%, abaixo desse valor considera-se que as medições são apenas indicativas.

Usando as concentrações horárias disponibilizadas pela APA foram calculadas médias diárias, octo-horárias e anuais. Para as médias de base octo-horária (8 horas) o primeiro período de cálculo para um determinado dia será o período decorrido entre as 17h00 do dia anterior e a 01h00 desse dia. O último período de cálculo será o período entre as 16h00 de um determinado dia e as 24h00 desse mesmo dia. Para o cálculo de uma média octo-horária são necessários, pelo menos, 75% de valores horários, isto é, 6 horas.

Na tabela seguinte indica-se para os poluentes PM₁₀, monóxido de azoto, óxidos de azoto, dióxido de azoto e ozono, o número de excedência ao valor-limite, registado na estação dos Olivais, para os anos de 2010 a 2015. Para o cálculo das excedências do monóxido de azoto foram usados os valores limites atribuídos aos óxidos de azoto mesmo sabendo que não foi reportada uma ligação direta entre valores elevados de monóxido de azoto e malefícios para a saúde. Relativamente aos outros poluentes PM_{2.5}, dióxido de enxofre e monóxido de carbono, não foram

registados valores de concentrações superiores aos valores limites indicados na tabela 11.

Tabela 12: Verificação da situação de excedências ao valor limite por ano e por poluente na estação dos Olivais: Número de vezes do ano em que se verificaram uma ou mais excedências.

Ano	PM10 (referência 1 dia)	Monóxido de azoto (referência 1 hora)	Óxidos de azoto (referência 1 hora)	Dióxido de azoto (referência 1 hora)	Ozono (referência octo- horária)
2010	1	(60)	60	0	13
2011	19	(64)	64	18	13
2012	12	(106)	106	2	7
2013	5	(49)	49	0	17
2014	0	(40)	40	0	6
2015	7	(88)	11	0	4
Nº de excedências permitidas	35 vezes por ano	---	18 vezes por ano	18 vezes por ano	25 vezes por ano

O número de ultrapassagens ao valor-limite diário apenas se observa nos óxidos de azoto entre 2010 e 2014 valores indicativos de inconformidade com o legalmente estabelecido. O ano de 2015 representa uma melhoria significativa face ao ano anterior permanecendo dentro da conformidade.

As principais fontes de óxidos de azoto (NO+NO₂) são de origem antropogénica nomeadamente tráfego rodoviário e atividade industrial. Durante o funcionamento dos motores dos veículos motorizados ocorrem processos de combustão interna a elevadas temperaturas com a formação de óxidos de azoto a partir da oxidação do azoto presente na reação entre o ar e o combustível. Deste modo a principal fonte de emissão de NO_x (NO (monóxido azoto) + NO₂ (dióxido de azoto)) é a circulação automóvel, logo a concentração destes poluentes é superior nas zonas urbanas onde ocorre maior intensidade de tráfego. As emissões dos óxidos de azoto dão-se na forma de monóxido de azoto, que na presença do oxigénio atmosférico é oxidado, formando-se então o dióxido de azoto que é o constituinte com maior perigosidade ao nível da saúde pública, causando problemas respiratórios. Nestas condições apenas os anos de 2011 e 2012 se apresentam em inconformidade com a legislação estabelecida verificando-se conformidade nos anos de 2013 em diante.

Capítulo 5

Conclusões e Perspetivas Futuras

A poluição atmosférica é uma causa bem estabelecida de morbilidade e mortalidade. No entanto, ao contrário do tabagismo, a poluição do ar não é uma opção. Trata-se de uma exposição ubiqüitária e involuntária, que pode afetar 100% da população, desde o início ao fim da vida. Grande parte da população mundial continua a viver em áreas com má qualidade do ar. Para alguns poluentes e algumas regiões esta situação não está a melhorar e pode estar mesmo a piorar [27].

Neste trabalho a análise de poluentes incidiu no monóxido de carbono (CO), monóxido de azoto (NO), dióxido de azoto (NO₂), óxidos de azoto (NO_x), ozono (O₃), partículas (PM_{2,5} e PM₁₀) e dióxido de enxofre (SO₂).

Considerou-se efetuar uma análise de clusters, com o objetivo de verificar a reconhecer padrões de comportamento dos dados estatísticos por estação/região, contudo por restrições de tempo tal não foi possível. No entanto, poderá ser um ponto de partida para estudos futuros.

Ponderar a quantificação dos custos associados aos efeitos negativos da poluição na saúde via atribuição dum custo económico aos indicadores do PIPS.

Bibliografia

- [1] BORREGO, C. Poluição Atmosférica I. Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro (1995).
- [2] Henriques, M. C. B. F. Efeito da Recirculação dos Gases de Exaustão e Estagiamento de Ar nas Emissões de Gases e Partículas de uma Caldeira Doméstica, Tese de Dissertação em Engenharia mecânica, IST, 2013.
- [3] Freijer JI, Bloemen HJ. Modeling relationships between indoor and outdoor air quality. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2000;50(2):292-300.
- [4] Traversi D., Degan R., De Marco R., Gilli G., Pignata C., Villani S., Bono R. Mutagenic properties of PM_{2,5} urban pollution in the northern Italy: The nitro-compounds contribution. *Environment International*, Vol. 35, n.6, p.905 - 910, 2009.
- [5] Caselli M., De Gennaro G., Marzocca A., Trizio L., Tutino, M. Assessment of the impact of the vehicular traffic on BTEX concentration in ring roads in urban areas of Bari (Italy). *Chemosphere*, v.81, n.3, p.306 - 311, 2010.
- [6] WHO. The world health report 2002. Reducing risks, promoting healthy life: WHO Geneva, Switzerland; 2002.
- [7] Ambient (outdoor) air quality and health-
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>
- [8] Autrup H. Ambient Air Pollution and Adverse Health Effects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2010;2(5):7333-8.
- [9] McGranahan G.M., Murray F, editors. *Air Pollution and Health in Rapidly Developing Countries*. London: Earthscan Publications Ltd; 2003.

- [10] Kulmala M., Vehkamäki H., Petaja T., Dal Maso M., Lauri A., Kerminen V.M., Birmili W., McMurry P.H. Formation and growth rates of ultrafine atmospheric particles: a review of observations. *Journal of Aerosol Science*, v.35, p.143 - 176, 2004.
- [11] Nota Técnica - Determinação de partículas atmosféricas PM₁₀ em estações de medição da qualidade do ar e testes de campo para demonstração de métodos equivalentes (2011). Disponível no site da APA.
- [12] Nota Técnica - Determinação partículas atmosféricas PM_{2.5} em estações de medição da qualidade do ar (2011). Disponível no site da APA.
- [13] Nota Técnica - Determinação do dióxido de azoto e monóxido de azoto em estações de medição da qualidade do ar. Disponível no site da APA: https://www.apambiente.pt/_zdata/LRA/Manuais,%20Guias,%20Notas%20Tecnicas/Nota%20Tcnica%20NOx.pdf
- [14] Nota Técnica - DETERMINAÇÃO DO DIÓXIDO DE ENXOFRE EM ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR (2013). Disponível no site da APA.
- [15] Nota Técnica - Determinação do ozono em estações de medição da qualidade do ar (2011). Disponível no site da APA.
- [16] Badman, D.G., Jaffe, E.R., 1996. Blood and air pollution: state of knowledge and research needs. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 114, 205.
- [17] Raub, J. A., Mathieu-Nolf, M. (2000): Carbon monoxide poisoning - a public health perspective. Elsevier, *Toxicology*, Volume 145, Issue 1, 1-14.
- [18] Nota Técnica - DETERMINAÇÃO DO MONÓXIDO DE CARBONO EM ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR (2013). Disponível no site da APA.
- [19] Jones A.P. Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, vol. 33, n. 28, p. 4535- 4564, 1999.

[20] Loomis, D., Grosse, Y. et al; “The carcinogenicity of outdoor air pollution”. IARC (2013).

[21] How’s Life in Portugal? (2016). OECD Better Life Initiative.

[22] Monteiro A., Miranda.A et al, Air Quality Assessment for Portugal. Science of the Total Environment 373 (2007) 22-31.

[23] Miranda A., Ferreira J. et al, A cost-efficiency and health benefit approach to improve urban air quality. Science of the Total Environment, 569-570 (2016) 342-351.

[24] Identificação e Avaliação de Eventos Naturais no ano de 2013 em Portugal: https://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ar/Relatorio_Eventos%20Naturais_2013.pdf

[25] Gerardo P.M.A. Caracterização das concentrações de ozono de fundo em Portugal. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente (2009). Universidade de Aveiro.

[26] Afonso P.A.F. Concentrações de ozono superficial em Portugal: Avaliação dos padrões temporais e dos contrastes espaciais em estações de fundo. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, 2014.

[27] Castro A.H., Silva G.M. Araújo R.S. Qualidade do Ar - Parâmetros de Controle e Efeitos na Saúde Humana: Uma breve revisão. Holos, 5, 0, pp.107-121, 14 nov. 2013.

ANEXO A:

Lista de definições constantes da Diretiva 2008/50/EC:

“Ar ambiente”: o ar exterior da troposfera, excluindo os locais de trabalho, onde são aplicáveis as disposições em matéria de saúde e segurança no trabalho e a que o público não tem acesso regular;

“Poluente”: qualquer substância presente no ar ambiente que possa ter feitos nocivos na saúde humana ou no ambiente de forma global;

“Nível”: a concentração dum poluente no ar ambiente ou a sua disposição superficial num dado intervalo de tempo;

“Avaliação”: qualquer método utilizado para medir, calcular prever ou estimar níveis;

“Valor-limite”: um nível fixado com base em conhecimentos científicos com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e no ambiente na sua globalidade, a atingir num determinado prazo e que, quando atingido, não deve ser excedido;

“Nível crítico”: um nível fixado com base em conhecimentos científicos, acima do qual podem-se verificar efeitos nocivos diretos em recetores como árvores, outras plantas ou ecossistemas naturais, mas não os seres humanos;

“Margem de tolerância”: a percentagem do valor-limite em que este pode ser excedido nas condições fixadas na presente diretiva;

“Planos de qualidade do ar”: planos que estabelecem medidas destinadas a atingirem os valores-limites ou valores-alvo;

“Limiar de alerta”: um nível acima do qual uma exposição de curta duração acarreta riscos para a saúde humana da população em geral e que requer, uma vez atingido, a adoção de medidas imediatas por parte dos Estados-Membros;

“Limiar de informação”: um nível acima do qual uma exposição de curta duração acarreta riscos para a saúde de grupos particularmente vulneráveis da população e que requer de imediato informações adequadas;

“Limiar de avaliação superior”: um nível abaixo do qual a qualidade do ar ambiente pode ser avaliada utilizando uma combinação de medições fixas e técnicas de modelização e/ou medições indicativas;

“Limiar de avaliação inferior”: um nível abaixo do qual a qualidade do ar ambiente pode ser avaliada apenas através de técnicas de modelização ou estimativa objetiva;

”Objetivo a longo prazo”: um nível a atingir a longo prazo, exceto quando tal não seja exequível através de medidas proporcionadas, com o intuito de assegurar uma proteção efetiva da saúde humana e do ambiente;

“Contribuições provenientes de fontes naturais”: Emissões de poluentes que não são causadas direta nem indiretamente por atividades humanas, onde se incluem catástrofes naturais como erupções vulcânicas, atividades sísmicas, atividade geotérmica, incêndios florestais incontrolados, ventos de grande intensidade ou a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões secas;

“Zona”: uma parte do território dum Estado-Membro delimitada por esse Estado-Membro para fins de avaliação e gestão da qualidade do ar;

“Aglomeração”: uma zona que constitui uma conurbação com uma população superior a 250 000 habitantes ou, caso a população seja igual ou inferior a 250 000

habitantes, com uma densidade populacional por quilómetro a estabelecer pelos Estados-Membros;

“PM₁₀”: as partículas em suspensão que passam através de um filtro seletivo, definido no método de referência para a amostragem e medição de PM₁₀, norma EN 12341, com 50% de eficiência para um diâmetro aerodinâmico de 10 µm;

“PM_{2,5}”: as partículas em suspensão que passam através de um filtro seletivo, definido no método de referência para a amostragem e medição de PM_{2,5}, norma EN 14907, com 50% de eficiência para um diâmetro aerodinâmico de 2,5 µm;

“Indicador de exposição média”: um nível médio, determinado com base em medições efetuadas em localizações urbanas de fundo em todo o território de um Estado-Membro e que reflete a exposição da população. É utilizado para calcular o objetivo nacional de redução da exposição e a obrigação em termos de matéria de concentrações de exposição;

“Obrigação em matéria de concentrações de exposições”: um nível fixado com base no indicador de exposição média da população de um Estado-Membro, fixada para o ano de referência com o intuito de reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana, a atingir, se possível, num prazo determinado;

“Objetivo nacional de redução da exposição”: uma percentagem de redução da exposição média da população de um Estado-Membro, fixada para o ano de referência com o intuito de reduzir os efeitos nocivos na saúde humana, a atingir, se possível, num prazo determinado;

“Localização urbana de fundo”: local em região urbana onde os níveis são representativos da exposição da população urbana geral;

“Óxidos de azoto”: a soma das concentrações volúmicas (em ppbv) de monóxido de azoto (óxido nítrico) e de dióxido de azoto, expressa em unidades de concentração em massa de dióxido de azoto (µg/m³);

“Medição fixa”: uma medição efetuada num local fixo, quer de modo contínuo quer por amostragem aleatória, a fim de determinar os níveis de acordo com os objetivos de qualidade dos dados relevantes;

“Medição indicativa”: uma medição que respeita objetivos de qualidade dos dados menos rigorosos do que os definidos para as medições fixas;

“Composto orgânico volátil” (COV): um composto orgânico de origem antropogénica e biogénica, com exclusão do metano, que possa produzir oxidantes fotoquímicos por reacção com óxidos de azoto na presença da luz solar;

“Substâncias precursoras de ozono”: substâncias que contribuem para a formação de ozono na baixa troposfera, algumas das quais são os óxidos de azoto (NO e NO₂), etano, etileno, acetileno, propano, propeno, n-butano, i-butano.

ANEXO B

Valores-limite para dióxido de enxofre, dióxido de azoto, benzeno, monóxido de carbono, chumbo e PM10

Fonte: Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de maio de 2008 relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa

Período de referência	Valor-limite	Margem de tolerância	Data-limite para a observância do valor-limite
Dióxido de enxofre			
1 hora	350 µg/m ³ , a não exceder mais de 24 vezes por ano civil	150 µg/m ³ (43 %)	— (1)
1 dia	125 µg/m ³ , a não exceder mais de 3 vezes por ano civil	Nada	— (1)
Dióxido de azoto			
1 hora	200 µg/m ³ , a não exceder mais de 18 vezes por ano civil	50 % em 19 de Julho de 1999, a reduzir em 1 de Janeiro de 2001 e em cada período de 12 meses subsequente numa percentagem anual idêntica, até atingir 0 % em 1 de Janeiro de 2010	1 de Janeiro de 2010
Ano civil	40 µg/m ³	50 % em 19 de Julho de 1999, a reduzir em 1 de Janeiro de 2001 e em cada período de 12 meses subsequente numa percentagem anual idêntica, até atingir 0 % em 1 de Janeiro de 2010	1 de Janeiro de 2010
Benzeno			
Ano civil	5 mg/m ³	5 µg/m ³ (100 %) em 13 de Dezembro de 2000, a reduzir em 1 de Janeiro de 2006 e em cada período de 12 meses subsequente em 1 µg/m ³ , até atingir 0 % em 1 de Janeiro de 2010	1 de Janeiro de 2010
Monóxido de carbono			
Média máxima diária por períodos de 8 horas (2)	10 µg/m ³	60 %	— (1)
Chumbo			
Ano civil	0,5 µg/m ³ (3)	100 %	— (3)
PM₁₀			
1 dia	50 µg/m ³ , a não exceder mais de 35 vezes por ano civil	50 %	— (1)
Ano civil	40 µg/m ³	20 %	— (1)
<p>(1) Já em vigor desde 1 de Janeiro de 2005.</p> <p>(2) A concentração média diária por período de 8 horas é seleccionada com base nas médias obtidas por períodos de 8 horas, calculadas a partir dos dados horários e actualizadas de hora a hora. Cada média por período de 8 horas calculada desta forma é atribuída ao dia em que termina; desta forma, o primeiro período de cálculo de um dia tem início às 17:00 horas do dia anterior e termina à 01:00 hora do dia em causa; o último período de cálculo de um dia tem início às 16:00 horas e termina às 24:00 horas do mesmo dia.</p> <p>(3) Já em vigor desde 1 de Janeiro de 2005. Valor-limite a atingir apenas em 1 de Janeiro de 2010 na vizinhança imediata das fontes industriais específicas situadas em locais contaminados por décadas de actividades industriais. Nesses casos, o valor-limite até 1 de Janeiro de 2010 será 1,0 µg/m³. A área em que se aplicam limites superiores não se deverá alargar a mais de 1 000 m dessas fontes específicas.</p>			

Figura 31: Valores-limite dos poluentes SO₂, NO₂, benzeno, CO e PM₁₀.

ANEXO C

Valores-limite para PM_{2.5}

Fonte: Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de maio de 2008 relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa

Período de referência	Valor-limite	Margem de tolerância	Data-limite para a observância do valor-limite
FASE 1			
Ano civil	25 µg/m ³	20 % até 11 de Junho de 2008, a reduzir no dia 1 Janeiro seguinte e em cada período de 12 meses subsequentes numa percentagem anual idêntica, até atingir 0 % em 1 de Janeiro de 2015	1 Janeiro 2015
FASE 2 (1)			
Ano civil	20 µg/m ³		1 de Janeiro de 2020

(1) Fase 2 — valor-limite indicativo a rever pela Comissão em 2013 à luz de novas informações sobre os efeitos sanitários e ambientais, a viabilidade técnica e a experiência obtida com o valor-alvo nos Estados-Membros.

Figura 32: Valores-limite para as PM_{2,5}.

Valores-limite para o Ozono:

Fonte: Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de maio de 2008 relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa

Objectivo	Período de referência	Valor-alvo	Data-limite para a observância do valor-alvo (1)
Protecção da saúde humana	Média máxima diária por períodos de 8 horas (2)	120 µg/m ³ , a não exceder mais de 25 dias, em média, por ano civil, num período de três anos (3)	1.1.2010
Protecção da vegetação	Maior a Julho	AOT40 (calculada com base nos valores horários) 18 000 µg/m ³ · h em média, num período de cinco anos (3)	1.1.2010

(1) O cumprimento dos valores-alvo será avaliado a partir desta data. Assim, 2010 será o primeiro ano cujos dados serão utilizados para a avaliação da conformidade nos 3 ou 5 anos seguintes, consoante o caso.

(2) A concentração média máxima diária por período de 8 horas é seleccionada com base nas médias obtidas por períodos de 8 horas, calculadas a partir dos dados horários e actualizadas de hora a hora. Cada média por período de 8 horas calculada desta forma é atribuída ao dia em que termina; desta forma, o primeiro período de cálculo de um dia tem início às 17:00 horas do dia anterior e termina à 01:00 hora do dia em causa; o último período de cálculo de um dia tem início às 16:00 horas e termina às 24:00 horas do mesmo dia.

(3) Se não for possível determinar as médias por períodos de três ou cinco anos com base num conjunto completo de dados relativos a anos consecutivos, os dados anuais mínimos necessários à verificação da observância dos valores-alvo serão os seguintes:

- valor-alvo para a protecção da saúde humana: dados válidos respeitantes a um ano,
- valor-alvo para a protecção da vegetação: dados válidos respeitantes a três anos.

Figura 33: Valores-limite para o O₃.

