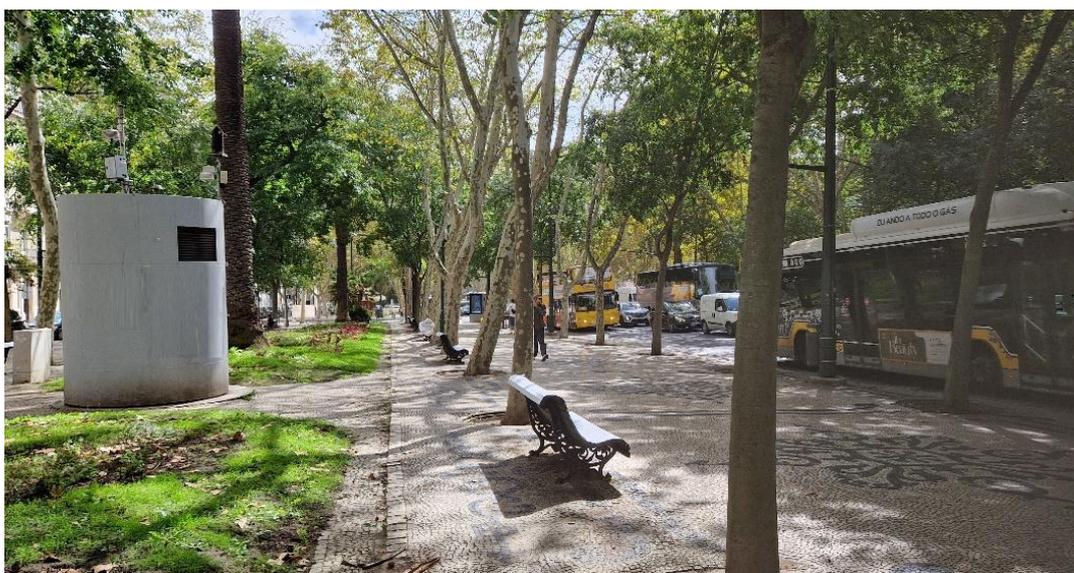




Avaliação da qualidade do ar ambiente na região de Lisboa e Vale do Tejo em 2023



Setembro 2024



Título	Avaliação da Qualidade do Ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2023
Data	Setembro 2024
Autoria	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P. Luisa Nogueira Sandra Mesquita
ISBN	978-989-9203-04-4

Resumo

No presente relatório apresenta-se a avaliação do estado da qualidade do ar na região de Lisboa e Vale do Tejo (RLVT) no ano de 2023 e a tendência de evolução desde 2001, com base nos resultados dos poluentes medidos nas estações da rede de monitorização da qualidade do ar (RMQA LVT) da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR LVT, I.P.). A avaliação efetuada teve em consideração as regras e os objetivos ambientais estipulados para os poluentes dióxido de azoto (NO₂) e óxidos de azoto (NO_x), partículas PM₁₀ e PM_{2,5}, monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), ozono (O₃) e benzeno (C₆H₆) no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua redação atual.

No ano de 2023 continuou a verificar-se a tendência de decréscimo das concentrações da generalidade dos poluentes atmosféricos medidos nas estações de qualidade do ar da RMQA LVT.

As concentrações de NO₂ registadas em algumas estações da RMQA LVT aumentaram ligeiramente face aos anos de 2020, 2021 e 2022, sendo ainda assim significativamente inferiores às observadas em anos anteriores à pandemia. Neste ano, com a retoma da atividade económica, voltou a verificar-se, tal como em 2022, o incumprimento do valor limite anual de NO₂ na estação da Avenida da Liberdade.

Em 2023 manteve-se a situação de cumprimento do valor limite horário que se vem verificando desde 2019. Salienta-se ainda que, tal como ocorreu nos anos de 2020 e 2021, não se registaram médias horárias de NO₂ superiores a 200 µg/m³ (valor limite horário) nas estações da RLVT.

Para o O₃ não se verificaram ultrapassagens ao valor alvo para proteção da saúde humana em nenhuma estação da RMQA LVT, situação que já se vem verificando desde 2019. A estação da Chamusca, que no período anterior a 2019 ultrapassou sistematicamente o valor alvo, foi o local onde se registou o valor mais elevado para este indicador.

Neste ano ocorreram 5 episódios de concentrações elevadas de ozono, em que se verificaram excedências ao limiar de informação de O₃ em onze estações da RMQA LVT. Estas situações observaram-se em períodos excecionalmente quentes dos meses de junho e agosto, durante a ocorrência de ondas de calor que afetaram a RLVT, tendo-se registado um total de 21 excedências em 11 estações da RMQA LVT.

No que diz respeito às concentrações de partículas PM₁₀ é de salientar que não se registaram incumprimentos aos valores limite deste poluente em nenhuma das estações da RMQA LVT, tal como já se vem verificando desde 2018. Em alguns dias em que se verificaram eventos naturais de transporte de partículas do Norte de África, incêndios e condições de dispersão mais desfavoráveis à dispersão de poluentes, ocorreram algumas ultrapassagens ao valor limite diário de PM₁₀, no entanto, em número muito inferior aos 35 dias de excedência permitidos pela legislação em vigor. Para este poluente, se for descontado o efeito dos eventos naturais, cuja frequência de ocorrência e magnitude é muito variável de ano para ano, é notório um contínuo decréscimo das concentrações, resultante da redução de emissões antropogénicas, em particular no sector do transporte rodoviário.

Para os poluentes, partículas PM_{2,5}, CO, SO₂, e C₆H₆, os níveis registados em 2023, tal como em anos anteriores, foram bastante inferiores aos objetivos de qualidade do ar definidos na legislação em vigor.

Os resultados obtidos em 2023 permitirem confirmar o cumprimento dos objetivos de qualidade do ar definidos na legislação em vigor para a maioria dos poluentes e a tendência de decréscimo das concentrações dos poluentes medidos nas estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da Região de Lisboa e Vale do Tejo (RMQA LVT). Atendendo a que no quadro da revisão das diretivas comunitárias sobre a qualidade do ar ambiente estão propostos novos objetivos para cumprimento em 2030, mais rigorosos e mais alinhados com os valores guia recomendados pela OMS, publicados em 2021 (ainda que não tão restritivos), no último capítulo deste relatório é também apresentada uma avaliação destes resultados considerando os novos valores propostos e os valores guia da OMS, com o objetivo de perspetivar os problemas futuros de cumprimento desta nova regulamentação na RLVT.

Esta avaliação permite prever que, apesar das tendências conhecidas de redução de emissões dos vários poluentes para os próximos anos, nas zonas de maior concentração de tráfego e de densidade de construção da cidade de Lisboa, os valores limite anual e diário de NO₂ definidos na nova diretiva dificilmente serão cumpridos em 2030, sem o reforço da adoção de medidas de redução das emissões deste poluente.

A comparação dos resultados de 2023 com os valores guia da OMS permite constatar que neste ano grande parte da população da RLVT esteve exposta a concentrações de O₃ e NO₂ superiores aos valores guia recomendados pela OMS para proteção da saúde humana. Em 2023 todas as estações da RMQA LVT registaram níveis de O₃ superiores aos valores guia recomendados pela OMS e apenas as estações rurais de fundo registaram concentrações de NO₂ inferiores aos valores guia definidos para este poluente.

Acrónimos, unidades e símbolos

AML - Área Metropolitana de Lisboa

AML Norte – Área Metropolitana de Lisboa Norte

AML Sul - Área Metropolitana de Lisboa Sul

CCDR - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CCDR LVT – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo

CE - Comissão Europeia

EMQA - Estação de Monitorização da Qualidade do Ar

FCT/UNL – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

OMS - Organização Mundial de Saúde

RLVT - Região de Lisboa e Vale do Tejo

RMQA LVT - Rede de Monitorização da Qualidade do Ar de Lisboa e Vale do Tejo

UE - União Europeia

C₆H₆ - Benzeno

CO - Monóxido de Carbono

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

NO₂ - Dióxido de Azoto

NO_x - Óxidos de Azoto

O₃ - Ozono

PM₁₀ - Partículas em Suspensão PM₁₀

PM_{2,5} - Partículas em Suspensão PM_{2,5}

SO₂ - Dióxido de Enxofre

NC - nível crítico

VL - Valor limite

VLA - Valor limite anual

VLD - Valor limite diário

VLH - Valor limite horário

VA – Valor Alvo

µg/m³ - micrograma por metro cúbico (unidade de medida de concentração, massa de poluente por volume de ar)

µm - micrómetro (unidade correspondente a 10⁻⁶ do metro)

Índice

RESUMO	1
ACRÓNIMOS, UNIDADES E SÍMBOLOS	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
1. INTRODUÇÃO	8
2. REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR	10
3. RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR	12
3.1 ÓXIDOS DE AZOTO (NO ₂ E NO _x)	12
3.1.1 <i>Origem e emissões do poluente</i>	12
3.1.2 <i>Efeitos na saúde humana e no ambiente</i>	15
3.1.3 <i>Análise da conformidade legal do NO₂ - Proteção da saúde humana</i>	15
3.1.4 <i>Análise da conformidade legal do NO_x - Proteção da vegetação</i>	19
3.2 PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO (PM ₁₀ E PM _{2,5})	20
3.2.1 <i>Origem e emissões do poluente</i>	20
3.2.2 <i>Efeitos na saúde humana e no ambiente</i>	22
3.2.3 <i>Análise da conformidade legal das partículas PM₁₀</i>	23
3.2.4 <i>Análise da conformidade legal das partículas PM_{2,5}</i>	29
3.3 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	31
3.3.1 <i>Origem e emissões do poluente</i>	31
3.3.2 <i>Efeitos na saúde humana e no ambiente</i>	32
3.3.3 <i>Análise da conformidade legal</i>	32
3.4 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO ₂).....	34
3.4.1 <i>Origem e emissões do poluente</i>	34
3.4.2 <i>Efeitos na saúde humana e no ambiente</i>	35
3.4.3 <i>Análise da conformidade legal - Proteção da saúde humana</i>	35
3.4.4 <i>Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação</i>	38
3.5 OZONO (O ₃)	38
3.5.1 <i>Origem do poluente</i>	38
3.5.2 <i>Efeitos na saúde humana e no ambiente</i>	40
3.5.3 <i>Análise da conformidade legal – Proteção da saúde humana</i>	40
3.5.4 <i>Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação</i>	45
3.6 BENZENO (C ₆ H ₆)	47
3.6.1 <i>Origem do poluente</i>	47
3.6.2 <i>Efeitos na saúde humana e no ambiente</i>	47
3.6.3 <i>Análise da conformidade legal</i>	47

3.7	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE 2023 FACE AOS OBJETIVOS DE QUALIDADE DO AR PROPOSTOS PARA 2030 E AOS VALORES RECOMENDADOS PELA OMS	48
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
	ANEXO I - OBJETIVOS DE QUALIDADE DO AR (D.L. N.º 102/2010, DE 23 DE SETEMBRO)	52
	ANEXO II – TAXA DE RECOLHA DE DADOS DA REDE DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DA CCCR LVT, I.P. EM 2023	55

Índice de figuras

<i>Figura 1. Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDRLVT, I.P. em funcionamento em 2023</i>	11
<i>Figura 2. Estimativa de emissões de NO_x, por sector de atividade (2019)</i>	13
<i>Figura 3. Ciclo diário das concentrações médias horárias de NO₂ nas estações da RLVT no período de 2022-2023</i>	14
<i>Figura 4. Variação na média anual de NO₂, em relação à média de todos os anos, causada pela variação dos parâmetros meteorológicos</i>	15
<i>Figura 5. Avaliação da conformidade legal do poluente NO₂ para a proteção da saúde humana em 2023</i>	16
<i>Figura 6. Evolução da média anual de NO₂ nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona)</i>	17
<i>Figura 7. Evolução do 19º máximo horário de NO₂ nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona)</i>	18
<i>Figura 8. Mapa da evolução das concentrações de NO₂ nas estações da RMQA LVT, expressas em percentagem dos valores limite, nos últimos 5 anos</i>	19
<i>Figura 9. Evolução da média anual de NO_x nas estações rurais de fundo da RMQA LVT</i>	20
<i>Figura 10. Estimativa de emissões de PM₁₀ por sector de atividade para 2019</i>	21
<i>Figura 11. Ciclo diário das concentrações médias horárias de PM₁₀ no período de 2022-2023</i>	22
<i>Figura 12. Avaliação da conformidade legal do poluente PM₁₀ em 2023, para o valor limite anual, para a proteção da saúde humana</i>	24
<i>Figura 13. Avaliação da conformidade legal do poluente PM₁₀ em 2023, para o valor limite diário para a proteção da saúde humana</i>	25
<i>Figura 14. Concentrações médias diárias de PM₁₀ nas várias estações da RMQA LVT durante o ano de 2023</i>	26
<i>Figura 15. Evolução do 36.º máximo diário de PM₁₀ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais</i>	28
<i>Figura 16. Evolução da média anual de PM₁₀ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais</i>	28
<i>Figura 17. Mapa da evolução das partículas PM₁₀ nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos</i>	29
<i>Figura 18. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{2,5} em 2023, para o valor limite para a proteção da saúde humana</i>	30
<i>Figura 19. Evolução da média anual para as partículas PM_{2,5}</i>	30
<i>Figura 20. Estimativa de emissões de CO por sector de atividade (2019)</i>	31
<i>Figura 21. Ciclo diário das concentrações médias horárias de CO nas estações urbanas da RMQA LVT, no período 2022-2023</i>	32

<i>Figura 22. Avaliação da conformidade legal do poluente CO em 2023, para o valor limite para a proteção da saúde humana</i>	33
<i>Figura 23. Evolução do máximo diário das médias de 8 horas para o CO nas aglomerações da RLVT (valor máximo das estações de cada aglomeração)</i>	34
<i>Figura 24. Estimativa de emissões de SO₂ por sector de atividade em 2019, na RLVT e em Lisboa</i>	35
<i>Figura 25. Avaliação da conformidade legal do poluente SO₂ em 2023, para a proteção da saúde humana</i>	36
<i>Figura 26. Evolução do 4º máximo diário de SO₂ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)</i>	37
<i>Figura 27. Evolução do 25º máximo horário de SO₂ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)</i>	37
<i>Figura 28. Evolução da média anual e de inverno de SO₂ nas estações rurais de fundo</i>	38
<i>Figura 29. Ciclo diário das concentrações médias horárias de O₃ nas estações rurais e urbanas de fundo da RMQA LVT no período de 2022-2023</i>	39
<i>Figura 30. Ciclo diário das concentrações de NO₂ e O₃ nas estações urbanas de fundo de Lisboa no período 2022-2023</i>	40
<i>Figura 31. Avaliação da conformidade legal do poluente O₃ em 2023, para o valor alvo para a proteção da saúde humana (média de 2021, 2022 e 2023)</i>	42
<i>Figura 32. Avaliação do objetivo de longo prazo para o O₃, para a proteção da saúde humana, em 2023</i>	43
<i>Figura 33. Evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas (valor alvo) para o O₃ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)</i>	44
<i>Figura 34. Mapa dos resultados do valor alvo do O₃ para a proteção da saúde humana, nos últimos 5 anos, nas estações da RMQA LVT</i>	44
<i>Figura 35. Evolução do nº de dias e n.º de horas em ultrapassagem ao limiar de informação de O₃ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)</i>	45
<i>Figura 36. Avaliação da conformidade legal do poluente O₃ para a proteção da vegetação (média de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023)</i>	46
<i>Figura 37. Evolução do AOT₄₀ de O₃, média de 5 anos</i>	46
<i>Figura 38. Evolução da média anual de C₆H₆</i>	48

1. INTRODUÇÃO

Na região de Lisboa e Vale do Tejo (RLVT) a qualidade do ar ambiente é um dos fatores ambientais de maior preocupação, sobretudo nas zonas urbanas da região onde se concentram as maiores fontes de poluição e onde grande parte da população está exposta a concentrações mais elevadas de poluentes atmosféricos. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a poluição atmosférica é a maior ameaça ambiental para a saúde e uma das principais causas de doenças não transmissíveis, sendo responsável pelo aparecimento de doenças respiratórias e cardiovasculares e pelo seu agravamento. É também a causa de mortes prematuras devido sobretudo a doenças cardíacas e acidentes vasculares cerebrais, seguidas por doenças pulmonares e pelo cancro do pulmão (EEA, 2022).

Nas duas últimas décadas verificou-se uma melhoria importante da qualidade do ar na RLVT como resultado das políticas adotadas à escala europeia, nacional e local para redução das emissões de poluentes atmosféricos. Persistem, no entanto, alguns problemas de qualidade do ar nas zonas de maior densidade urbana, sobretudo nas zonas centrais e de maior tráfego rodoviário da cidade de Lisboa, onde as concentrações de dióxido de azoto, poluente particularmente nocivo para o aparelho respiratório, são ainda superiores ao valor limite diário imposto pela legislação europeia e nacional para proteção da saúde humana.

Para avaliação regular da qualidade do ar na RLVT a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P. (CCDR LVT, I.P.) dispõe de um conjunto de estações de monitorização, distribuídas por quatro zonas homogéneas de avaliação e gestão da qualidade do ar: as aglomerações da “Área Metropolitana de Lisboa Norte” (AML Norte), “Área Metropolitana de Lisboa Sul” (AML Sul) e “Setúbal” e a zona do “Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal”. Esta avaliação é efetuada segundo os critérios definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio, relativo à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, que atribui às CCDR competências de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente na sua área de jurisdição.

No presente documento apresenta-se o diagnóstico da qualidade do ar ambiente no ano de 2023 para as quatro zonas da RLVT, tendo por base os resultados dos vários poluentes medidos nestas estações de monitorização. A análise efetuada incide fundamentalmente na avaliação da conformidade legal das concentrações dos poluentes dióxido de azoto (NO₂), óxidos de azoto (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), ozono (O₃), partículas PM₁₀ e PM_{2,5}, monóxido de carbono (CO) e benzeno (C₆H₆), registadas nestas estações, face aos valores dos objetivos de qualidade do ar fixados no Decreto-Lei n.º 102/2010, na sua redação atual, para a proteção da saúde humana e para a proteção da vegetação.

Para cada um dos poluentes referidos efetua-se também a análise da tendência de evolução das concentrações entre 2001 e 2023, tendo por base os resultados obtidos neste período para os indicadores que permitem a avaliação da sua conformidade legal.

Tendo presente a publicação em breve da nova diretiva comunitária da qualidade do ar, que define para um conjunto de poluentes objetivos de qualidade mais rigorosos para 2030 e mais harmonizados (ainda

que não tão restritivos) com os valores guia recomendados pela OMS publicados em 2021, foi efetuada uma avaliação do número de estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da Região de Lisboa e Vale do Tejo (RMQA LVT) em ultrapassagem, em 2023, considerando os objetivos propostos na nova diretiva para 2030 e os valores guia da OMS.

2. REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

No ano de 2023 a RMQA LVT integrou 24 estações de monitorização localizadas, na sua maioria, em áreas urbanas da RLVT. Nestas estações são monitorizados os poluentes CO, NO_x (NO e NO₂), SO₂, O₃, partículas PM₁₀ e PM_{2.5} e C₆H₆, para os quais a regulamentação comunitária e nacional define níveis de concentração que não devem ser ultrapassados.

As estações de monitorização estão instaladas em locais representativos de diferentes tipos de ambientes - rurais, suburbanas e urbanas – e apresentam tipologias distintas, dependentes das emissões dominantes nas zonas onde se encontram instaladas, de modo a representarem diferentes tipos de exposição da população à poluição atmosférica, sendo assim classificadas como estações de tráfego, de fundo e industriais. Na Figura 1 apresenta-se a localização das estações da RMQA LVT, identificadas de acordo com a sua tipologia.

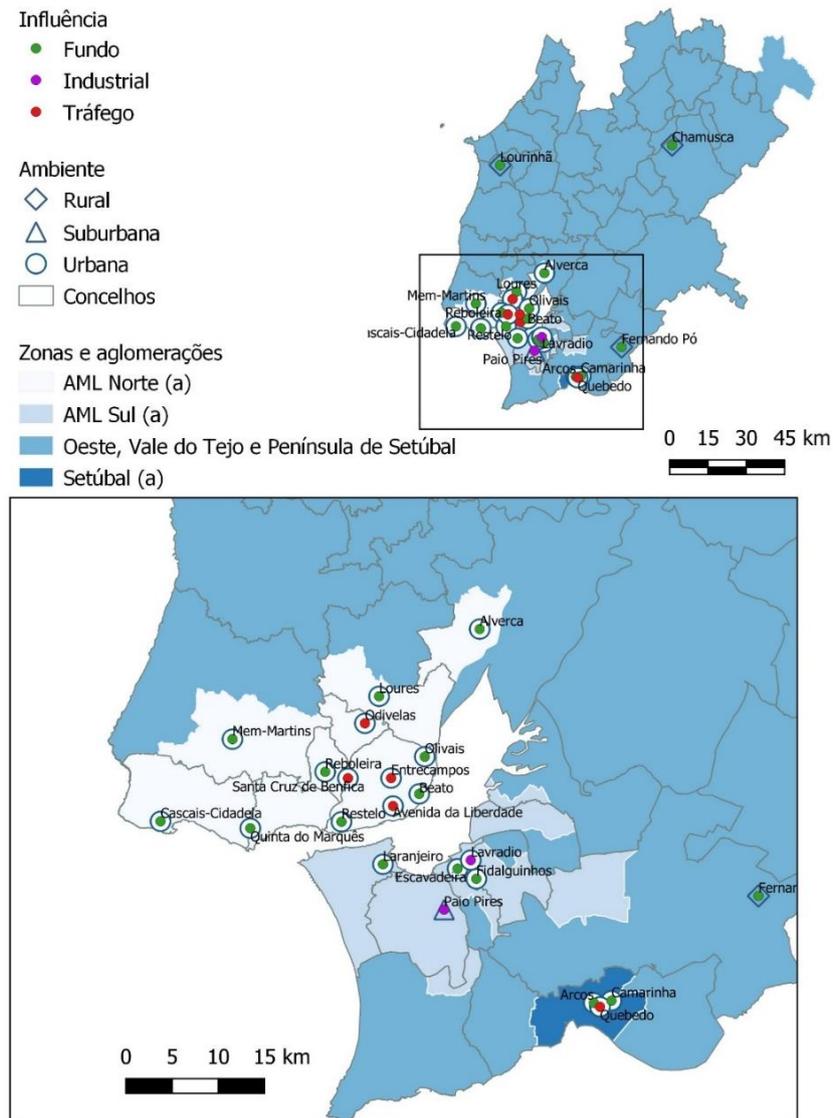
As estações urbanas e suburbanas, localizadas nas aglomerações da RLVT, apresentam as seguintes características:

- As estações de tráfego situam-se na proximidade de vias de tráfego intenso e permitem avaliar o risco máximo de exposição da população às emissões do tráfego automóvel. Esta exposição é, regra geral, de curta duração, mas os níveis de poluição observados são normalmente elevados;
- As estações de fundo não se encontram sob a influência direta de vias de tráfego ou de qualquer fonte próxima de poluição. Permitem avaliar a qualidade do ar ambiente à qual a população está exposta durante mais tempo e são representativas de uma vasta área na sua envolvente;
- As estações industriais encontram-se situadas na proximidade de zonas industriais ou em zonas sob a influência das suas emissões. Permitem conhecer as concentrações máximas de certos poluentes de origem industrial às quais a população pode estar pontualmente exposta. As três estações da RMQA LVT classificadas como industriais localizam-se no território da aglomeração da Área Metropolitana de Lisboa Sul, na proximidade das zonas industriais do Barreiro e de Paio Pires (Seixal).

Na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal estão localizadas as três estações rurais de fundo da RMQA LVT. Estas estações, afastadas de qualquer atividade poluidora importante e de zonas densamente habitadas, permitem avaliar a exposição da população e dos ecossistemas à poluição atmosférica de fundo, nomeadamente a poluentes secundários como o O₃. As concentrações dos poluentes, registadas nestas estações, têm normalmente origem natural ou são devidas ao transporte a longa distância à escala regional.

No anexo II apresenta-se a caracterização (localização, tipologia, poluentes medidos) das 24 estações em funcionamento no ano de 2023.

Figura 1. Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDRLVT, I.P. em funcionamento em 2023



3. RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR

Neste capítulo apresenta-se a avaliação da conformidade legal das concentrações dos poluentes NO₂ e NO_x, partículas PM₁₀ e PM_{2,5}, CO, SO₂, O₃ e C₆H₆, registadas nas estações da RMQA LVT em 2023, considerando os objetivos de qualidade do ar para a proteção da saúde humana e para a proteção da vegetação definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua redação atual (ver Anexo I). As estatísticas anuais calculadas para estes poluentes podem ser consultadas no *síte* da CCDR LVT, I.P, na folha de cálculo [Estatísticas da rede de monitorização da qualidade do ar da CCDR LVT, I.P. no período 2001-2023](#).

A verificação do cumprimento dos objetivos de qualidade do ar para proteção da vegetação, definidos para os poluentes SO₂, NO_x e O₃, é efetuada apenas para as estações rurais de fundo da Chamusca, Lourinhã e Fernando Pó. Uma vez que estes valores só se aplicam a áreas específicas, localizadas a mais de 20 km das aglomerações e a mais de 5 km de outras zonas urbanizadas, instalações industriais ou autoestradas ou estradas principais com um tráfego superior a 50 000 veículos por dia, estas estações são as únicas da RMQA LVT cujas localizações cumprem estes requisitos.

Para o período compreendido entre 2001 e 2023 é também efetuada uma análise da evolução das concentrações dos poluentes acima referidos, suportada pela representação gráfica dos indicadores que permitem a avaliação da conformidade legal destes poluentes.

Para todos os poluentes são apenas representados graficamente os valores das estações da RMQA LVT que em cada ano apresentaram uma taxa de recolha de dados de pelo menos 85% do ano, com exceção do benzeno, para o qual são representadas as estações com taxa de recolha de dados de pelo menos 30% do ano. Estas percentagens são as legalmente exigidas para o cálculo de indicadores anuais estatisticamente representativos, que permitem verificar o cumprimento dos objetivos de qualidade do ar. A percentagem de recolha de dados obtida em 2023 nas estações da RMQA LVT apresenta-se no Anexo II.

No último subcapítulo é ainda apresentada uma avaliação do número de estações em ultrapassagem em 2023, considerando as normas propostas para cumprimento em 2030 na nova diretiva de qualidade do ar e as recomendações da OMS revistas em 2021.

3.1 ÓXIDOS DE AZOTO (NO₂ e NO_x)

3.1.1 Origem e emissões do poluente

A combinação do azoto e do oxigénio do ar dá origem a compostos de fórmulas químicas diversas, agrupados sob a designação comum de óxidos de azoto (NO_x). Os mais relevantes como poluentes atmosféricos são o monóxido de azoto (NO) e o dióxido de azoto (NO₂), embora apenas este último seja objeto de regulamentação.

O NO₂ é um gás acastanhado, facilmente detetável pelo odor, muito corrosivo e um forte agente oxidante. O NO é um gás incolor, insípido, inodoro e pouco tóxico, não sendo considerado um poluente perigoso para as concentrações normalmente presentes na atmosfera.

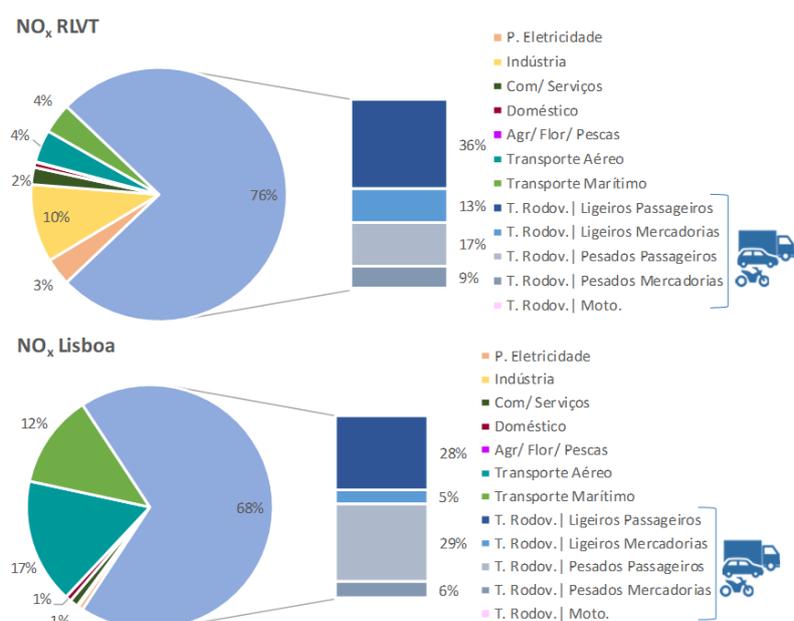
Os NO_x surgem como produto secundário da combustão de combustíveis fósseis a altas temperaturas. As grandes fontes destes compostos são as centrais termoelétricas, os transportes rodoviários, os navios, e alguns processos de fabrico, como por exemplo a indústria química de produção de fertilizantes azotados. Das fontes de origem natural de NO_x destacam-se as trovoadas e os fogos florestais.

Em áreas urbanas a principal fonte de NO_x são os veículos automóveis, pelo que as concentrações deste poluente acompanham geralmente as variações do tráfego rodoviário. Nos veículos automóveis as emissões de NO_x ocorrem maioritariamente sob a forma de NO, sendo este posteriormente transformado em NO₂ por reação com o oxigénio (O₂) do ar ou com o O₃. A oxidação do NO pelo O₂ é uma reação lenta, podendo o NO manter-se na atmosfera por largos períodos. A oxidação do NO pelo O₃ é uma reação rápida, cuja taxa de transformação depende das suas concentrações na atmosfera.

Na Figura 2 apresenta-se a estimativa de emissões de NO_x, por sector de atividade, para o ano de 2019, na RLVT e no concelho de Lisboa. Na RLVT, os NO_x têm como principal origem as emissões do tráfego rodoviário, contribuindo este sector para cerca de 76% das emissões totais deste poluente. Seguem-se as contribuições dos sectores da Indústria e Construção (10%).

Para o concelho de Lisboa o peso do Transporte Rodoviário é um pouco menor (68%), destacando-se aqui também o peso do Transporte Aéreo (17%) e do Transporte Marítimo (12%). Relativamente ao sector do Transporte Rodoviário, há que destacar que os veículos pesados de passageiros (29%) apresentam emissões muito semelhantes aos ligeiros de passageiros (28%).

Figura 2. Estimativa de emissões de NO_x, por sector de atividade (2019)

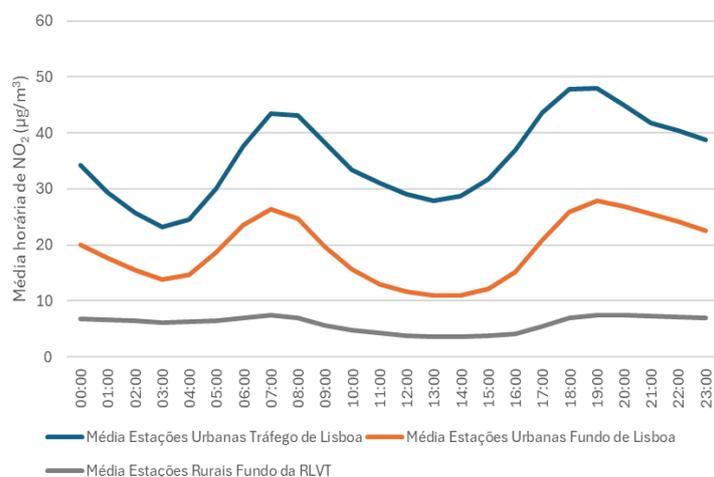


Fonte: CCDR-LVT et al. (2022)

A variação das concentrações de NO_x nas estações da RMQA LVT são explicadas pela variabilidade das emissões atmosféricas, mas também pela complexidade dos fenómenos meteorológicos que controlam a dispersão dos poluentes ou, pelo contrário, a sua acumulação.

Em meio urbano os NO_x apresentam normalmente dois picos diários, nas horas de ponta da manhã e da tarde, coincidentes com as horas de maior tráfego rodoviário. Na Figura 3, que representa o ciclo diário das concentrações de NO₂ no período de 2022-2023, nos diferentes tipos de estações da RMQA LVT, é bem visível a influência das emissões do tráfego rodoviário na variação deste poluente, destacando-se as concentrações mais elevadas na proximidade das zonas de maior tráfego rodoviário.

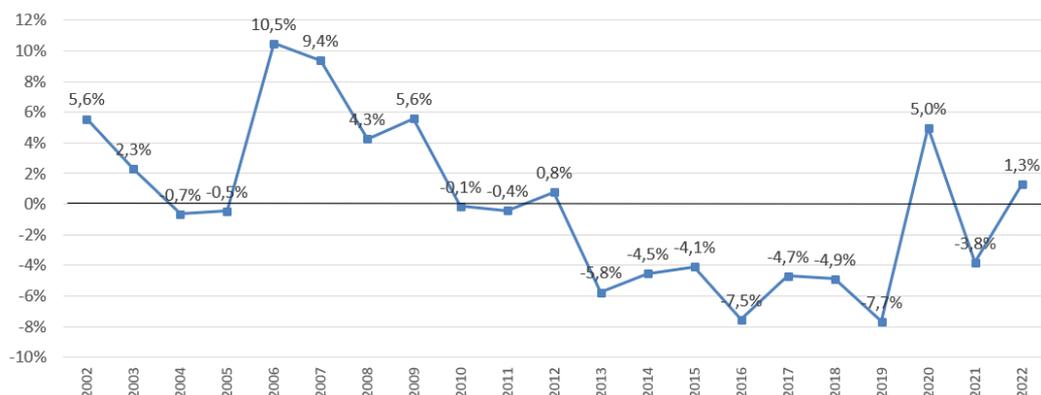
Figura 3. Ciclo diário das concentrações médias horárias de NO₂ nas estações da RLVT no período de 2022-2023



À escala anual, as concentrações de NO_x são normalmente mais elevadas no período de Outono-Inverno, caracterizado por maiores emissões deste poluente e por condições de dispersão menos favoráveis.

No sentido de avaliar os efeitos da variabilidade anual das condições meteorológicas nas concentrações anuais de NO₂ em Lisboa, têm sido realizados exercícios anuais de modelação (CCDR LVT e Barros, 2023). Nestes exercícios, efetuados para o período de 2002 a 2022, consideraram-se as características físicas da região de Lisboa e emissões idênticas para todos os anos, para os vários poluentes atmosféricos, sendo os fatores meteorológicos as únicas variáveis. Os resultados deste estudo indicam que condições meteorológicas mais ou menos favoráveis fazem variar as concentrações médias anuais de NO₂ em cerca de 18%. De acordo com estes resultados (ver Figura 4), o ano de 2006 foi, meteorologicamente, o mais desfavorável para a qualidade do ar, estimando-se, face à média dos vários anos, um acréscimo de cerca de 10% na concentração média anual de NO₂, e o ano de 2019 foi o mais favorável, estimando-se um decréscimo de cerca de 8%.

Figura 4. Variação na média anual de NO₂, em relação à média de todos os anos, causada pela variação dos parâmetros meteorológicos



3.1.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

O NO₂ em concentrações elevadas causa efeitos que vão desde a irritação dos olhos e garganta até à afetação das vias respiratórias, provocando diminuição da capacidade respiratória, dores no peito, edema pulmonar e danos no sistema nervoso central e nos tecidos. Alguns destes efeitos são retardados, não aparecendo durante ou logo após a exposição.

Os grupos mais sensíveis como as crianças, os asmáticos e os indivíduos com bronquites crónicas são os mais afetados. Este poluente pode ainda aumentar a reatividade a alérgenos de origem natural.

Na presença de compostos orgânicos voláteis (COV) e radiação solar, os NO_x intervêm no processo de formação do ozono troposférico. O NO₂ é também a principal fonte de nitratos, que constituem uma fração importante das partículas PM_{2,5}.

Os NO_x contribuem igualmente para o fenómeno das chuvas ácidas, assim como para a eutrofização dos cursos de água e dos lagos, para a destruição da camada de ozono estratosférico e para o efeito de estufa.

3.1.3 Análise da conformidade legal do NO₂ - Proteção da saúde humana

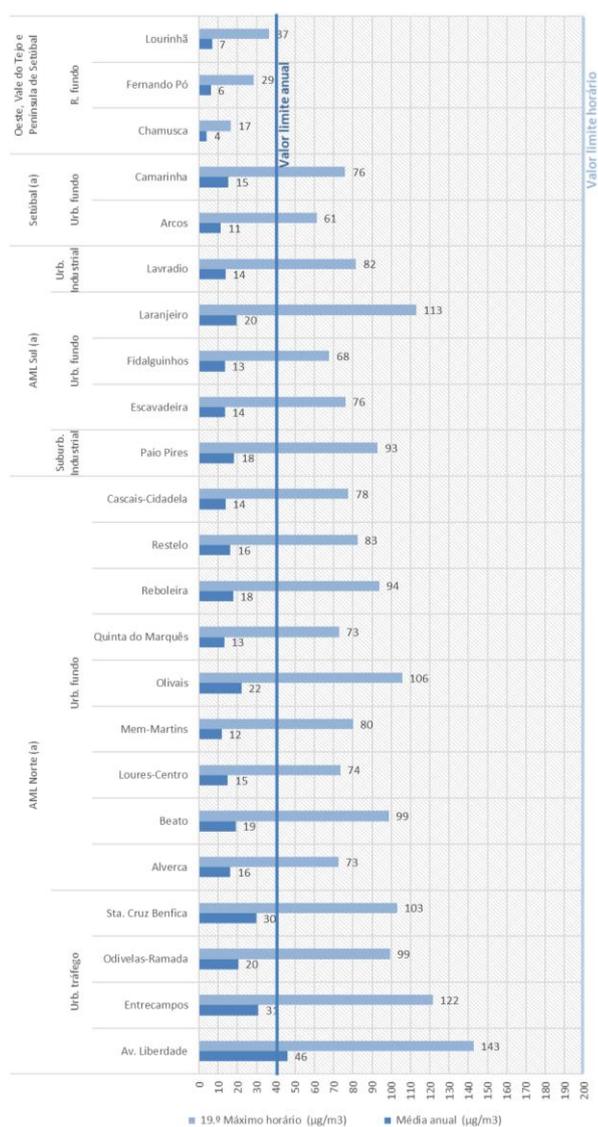
Para o NO₂ a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário (VLH) de 200 µg/m³, que não deve ser excedido mais do que 18 vezes no ano, e um valor limite anual (VLA) de 40 µg/m³, ambos de cumprimento obrigatório desde 2010.

Dado que a Diretiva 2008/50/CE estipula, no seu artigo 22º, a possibilidade de os Estados membros adiarem o prazo inicial de cumprimento dos VL do NO₂ pelo período máximo de 5 anos, sob determinadas condições e mediante uma análise caso a caso pela Comissão Europeia (CE), o Estado Português submeteu em 2011 uma notificação para a prorrogação do prazo de cumprimento destes VL na aglomeração da AML Norte. Esta prorrogação foi concedida para o VLH, só sendo assim obrigatório o seu cumprimento nesta zona desde 1 de janeiro de 2015.

Para este poluente está ainda definido um limiar de alerta horário, de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, medido em três horas consecutivas.

Na Figura 5 apresenta-se a média anual e o 19.º máximo horário de NO_2 para as estações da RMQA LVT em 2023. Estes indicadores permitem avaliar, respetivamente, o cumprimento do VLA e do VLH para proteção da saúde humana. Neste ano os valores mais elevados de NO_2 observaram-se nas estações urbanas de tráfego da AML Norte, tendo-se verificado, tal como em anos anteriores, o incumprimento do VLA deste poluente na estação da Avenida da Liberdade. Salienta-se também o cumprimento do VLH deste poluente em todas as estações da RLVT, não se tendo verificado durante este ano concentrações médias horárias de NO_2 superiores a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VLH) em nenhuma estação da RLVT.

Figura 5. Avaliação da conformidade legal do poluente NO_2 para a proteção da saúde humana em 2023



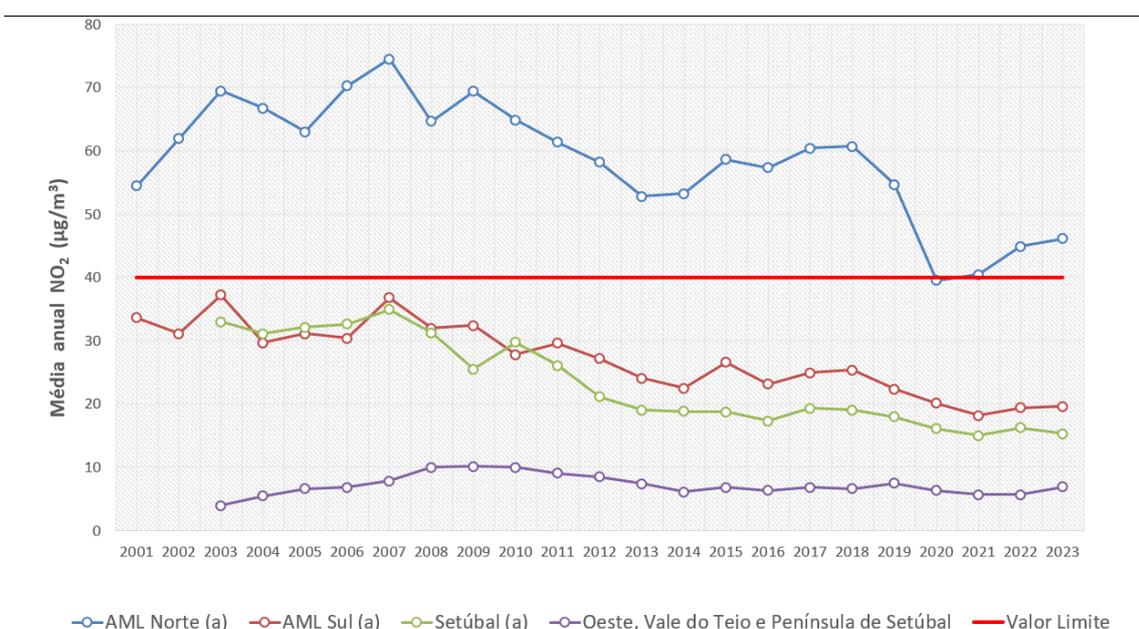
Na Figura 6 representa-se a evolução da média anual de NO_2 nas várias zonas da RLVT, permitindo constatar que no período de 2009 a 2013 se verificou uma tendência de decréscimo das concentrações em todas as zonas. Esta situação alterou-se nos anos seguintes, sendo em parte explicada pelo

crescimento económico após os anos da crise, que conduziu a uma maior utilização do transporte individual nas deslocações diárias, mas também devido ao facto dos veículos a diesel mais recentes não terem apresentado a redução esperada das emissões de NO₂.

No período em análise a média anual de NO₂ tem sido o indicador mais preocupante, atendendo à ultrapassagem permanente do VLA em localizações de tráfego da AML Norte, em particular na estação da Avenida da Liberdade onde os valores observados têm sido muito elevados face ao VL, refletindo a existência de uma situação crónica de poluição no centro da cidade de Lisboa.

Os anos de 2020 e 2021, marcados pelas restrições de atividade impostas pela situação de pandemia, foram os primeiros em que não ocorreu a ultrapassagem ao VLA de NO₂ nesta estação. Nos anos de 2022 e 2023, com o retorno gradual da atividade económica, nomeadamente nos sectores do turismo e do comércio e serviços, e com o conseqüente aumento do volume de tráfego rodoviário em circulação na zona central da cidade de Lisboa, os níveis de NO₂ subiram face a 2020 e 2021, voltando a verificar-se o incumprimento do VLA, notando-se ainda assim uma redução substancial dos níveis face a 2019.

Figura 6. Evolução da média anual de NO₂ nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona)

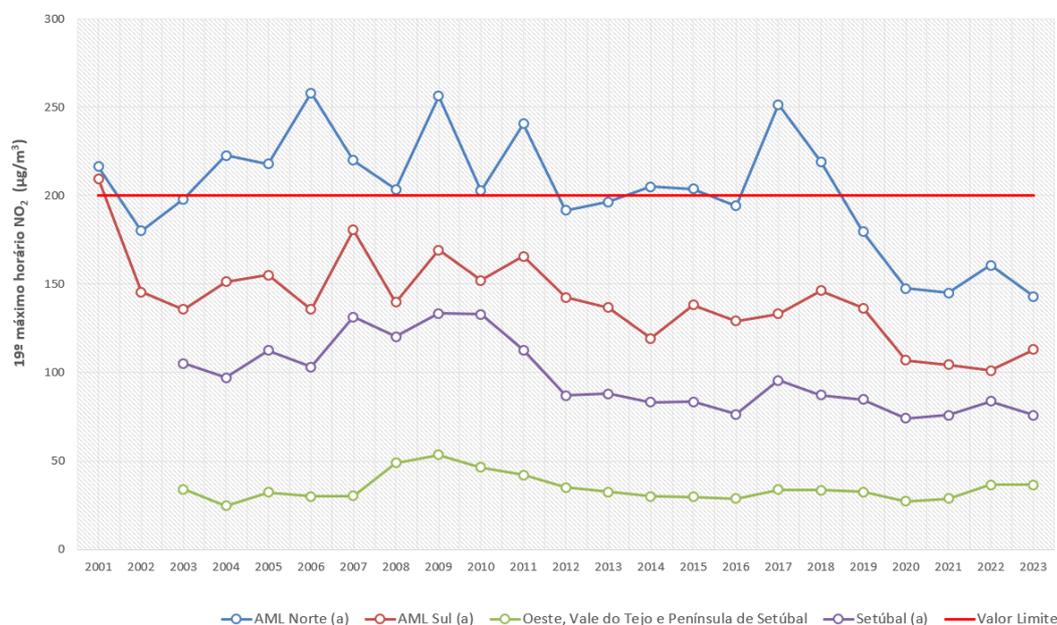


Relativamente à evolução do 19.º máximo horário, indicador que permite avaliar o cumprimento do VLH de NO₂, ilustrada na Figura 7, verifica-se que não tem havido uma tendência muito clara, observando-se grandes flutuações muito relacionadas com a ocorrência, em cada ano, de condições meteorológicas mais ou menos favoráveis à dispersão dos poluentes.

No período de 2002 a 2023 apenas ocorreram ultrapassagens aos VL de NO₂ na aglomeração da AML Norte, sendo que para o VLA estas se verificaram em todos os anos e para o VLH, na maioria dos anos até 2018. Para o VLA esta ultrapassagem constitui um incumprimento legal desde 2010 (data de entrada em vigor dos VL deste poluente), tendo esta situação resultado na condenação de Portugal pelo Tribunal de Justiça Europeu em 2022. Para o VLH, dada a prorrogação concedida pela CE para o cumprimento

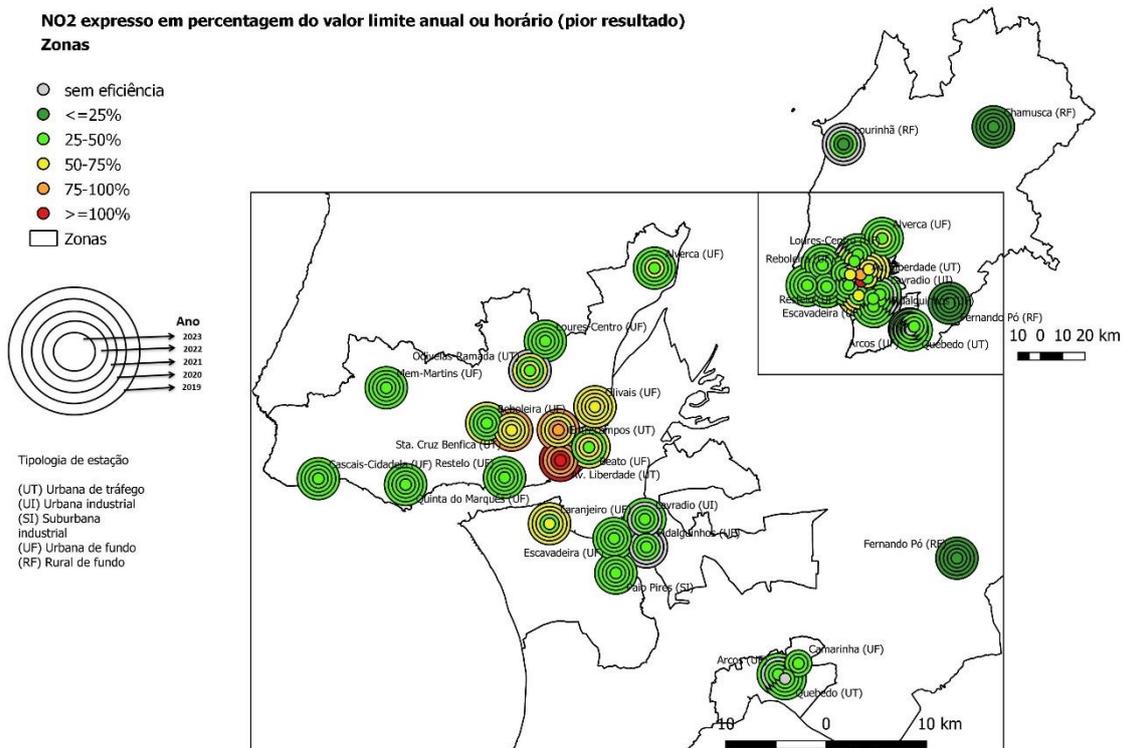
deste VL, na AML Norte, só a partir de 1 de janeiro de 2015, o incumprimento verificou-se apenas nos anos de 2015, 2017 e 2018. É de sublinhar que nos anos de 2020, 2021 e 2023 não se registaram médias horárias superiores a 200 µg/m³ (VLH) nas estações da RMQA LVT.

Figura 7. Evolução do 19º máximo horário de NO₂ nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona)



No mapa da Figura 8 representa-se a evolução, nos últimos 5 anos (2018 a 2023), das concentrações de NO₂ em cada estação da RMQA LVT, expressas em percentagem dos VL deste poluente. Os resultados estão agregados de acordo com o pior resultado obtido para os dois VL e a cada círculo corresponde um ano de dados. Da análise desta figura constata-se mais uma vez que as concentrações mais elevadas de NO₂ foram registadas nas estações de tráfego da AML Norte, em particular na cidade de Lisboa, salientando-se que nos anos de 2020 e 2021 não houve qualquer incumprimento dos VL deste poluente e que nos últimos dois anos voltou a ocorrer um incumprimento na zona central da cidade de Lisboa, representada pela estação da Avenida da Liberdade.

Figura 8. Mapa da evolução das concentrações de NO₂ nas estações da RMQA LVT, expressas em percentagem dos valores limite, nos últimos 5 anos



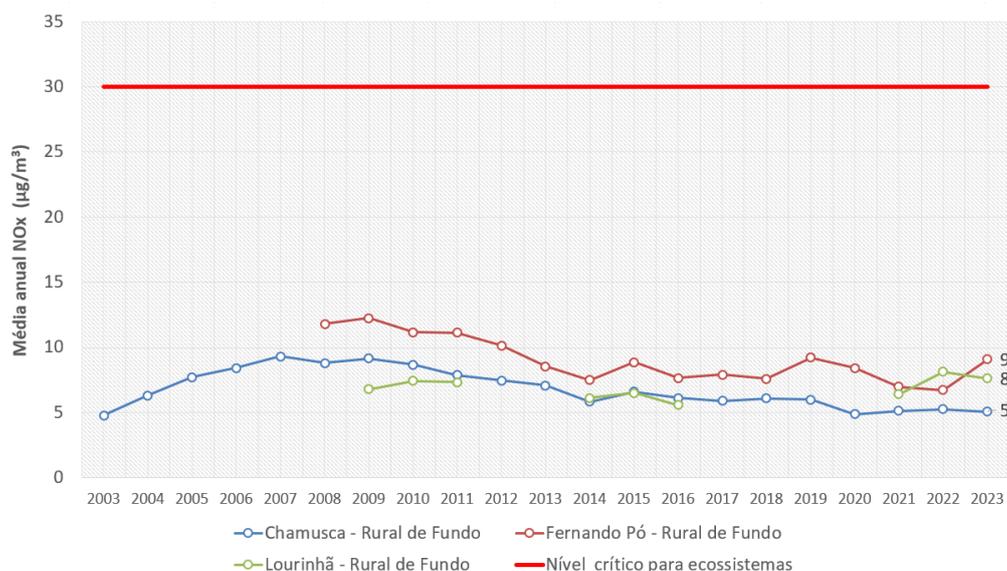
3.1.4 Análise da conformidade legal do NO_x - Proteção da vegetação

Para o NO_x a legislação em vigor fixa um nível crítico de proteção da vegetação (até 2010 designado na legislação em vigor por valor limite), de 30 µg/m³, avaliado para o valor da média anual.

Em 2023 os valores da média anual de NO_x, nas estações rurais de fundo da Chamusca, Lourinhã e Fernando Pó, foram muito inferiores ao valor definido para o nível crítico deste poluente, verificando-se esta situação desde o ano 2003, conforme se pode constatar pela análise da Figura 9.

Em termos de evolução verifica-se que a tendência de decréscimo das concentrações de NO_x, observada a partir de 2008, estabilizou em 2014. Nas estações da Chamusca e Fernando Pó, à semelhança do que se verificou para o NO₂, e tal como nos anos de 2020, 2021 e 2022, registou-se uma redução nas concentrações deste poluente face ao ano de 2019.

Figura 9. Evolução da média anual de NO_x nas estações rurais de fundo da RMQA LVT



3.2 PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO (PM₁₀ e PM_{2,5})

3.2.1 Origem e emissões do poluente

As partículas são um conjunto complexo de substâncias, minerais ou orgânicas, que se encontram em suspensão na atmosfera, sob a forma líquida ou sólida.

O seu tamanho pode variar entre algumas dezenas de nanómetros e uma centena de micrómetros (µm). As partículas finas, cujo diâmetro aerodinâmico é inferior a 10 µm, são designadas por “PM₁₀”, enquanto as “PM_{2,5}”, de diâmetro mais reduzido, dizem respeito às partículas com um diâmetro inferior a 2,5 µm.

As partículas são emitidas para a atmosfera a partir de uma gama variada de fontes antropogénicas sendo as mais importantes a queima de combustíveis fósseis, o tráfego rodoviário e determinados processos industriais, podendo ainda ser resultantes de atividades agrícolas, exploração de massas minerais e obras diversas. As emissões de partículas PM_{2,5} estão essencialmente relacionadas com o transporte rodoviário, a queima de madeira para aquecimento doméstico, a agricultura e alguns processos industriais. Estas substâncias podem também ser emitidas por fontes naturais como os vulcões, fogos florestais ou serem resultantes da ação do vento sobre o solo e superfícies aquáticas.

A composição das partículas em suspensão na atmosfera é muito variável, refletindo a grande variedade de fontes emissoras, e o facto de estarem continuamente em alteração como resultado da sua interação com outros constituintes da atmosfera. A fração grosseira contém elementos abundantes da crosta terrestre e sais marinhos, tais como, alumínio, cálcio, ferro, potássio e sílica, enquanto a fração fina é sobretudo constituída por sulfatos, nitratos ou amónia, carbono, compostos orgânicos e metais, provenientes essencialmente da queima de combustíveis fósseis e de numerosos processos industriais.

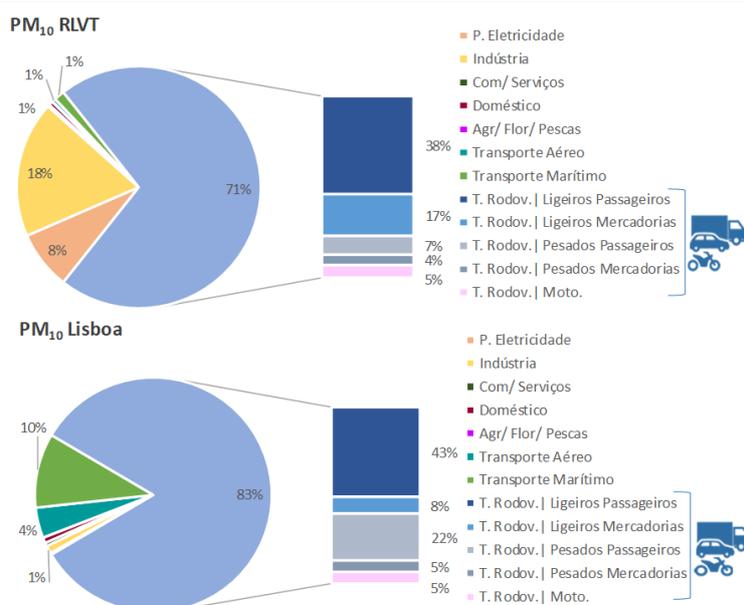
As partículas em suspensão na atmosfera podem classificar-se em primárias e secundárias. As primárias são diretamente emitidas para a atmosfera, tanto por fontes naturais como antropogénicas, enquanto as secundárias, sobretudo da fração $PM_{2.5}$, se formam como resultado de reações químicas envolvendo gases e outras partículas presentes na atmosfera. Os gases precursores mais frequentemente envolvidos neste tipo de reações são os NO_x , o SO_2 e os COV, que podem originar, respetivamente, nitratos, sulfatos e diversos compostos de carbono orgânico.

Em zonas urbanas os transportes rodoviários são considerados a maior fonte emissora de partículas, observando-se as maiores concentrações na proximidade de vias de tráfego intenso. Estas substâncias são não só consequência das emissões diretas do escape dos veículos, mas também provenientes dos processos de abrasão (desgaste de pneus, travões e da superfície da estrada) e da ressuspensão de poeiras nas estradas. Em geral, os veículos a gasóleo emitem uma quantidade maior de partículas finas, por veículo, do que os veículos a gasolina.

Na Figura 10 apresenta-se a estimativa de emissões antropogénicas de PM_{10} , por sector de atividade, na RLVT e na cidade de Lisboa, para o ano de 2019.

Na RLVT as partículas PM_{10} são essencialmente emitidas pelo tráfego rodoviário, mas têm também origem em fontes industriais e na produção de eletricidade. As estimativas de emissões deste poluente, efetuadas para esta região, indicam que o sector do transporte rodoviário tem um peso relativo de 71%, sendo que neste sector é significativa não só a contribuição das emissões de escape, principalmente de veículos a gasóleo, mas também a contribuição dos processos de abrasão (de pneus, travões e da superfície da estrada). Na cidade de Lisboa o peso do sector dos transportes rodoviários estima-se em 83%, destacando-se ainda os sectores do transporte aéreo (4%) e marítimo (10%).

Figura 10. Estimativa de emissões de PM_{10} por sector de atividade para 2019

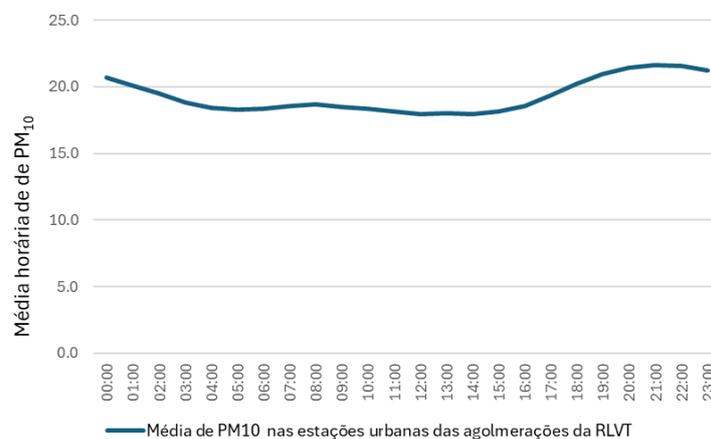


Fonte: CCDR-LVT et al. (2022)

Na bacia Mediterrânica e nos arquipélagos do Atlântico os eventos naturais de intrusão de massas de ar transportando partículas em suspensão, com origem nos desertos do Norte de África, são também uma fonte natural importante de partículas. Em Portugal este fenómeno ocorre com alguma frequência.

Nas estações da RMQA LVT o ciclo diário das PM₁₀ caracteriza-se pela ocorrência de dois períodos de concentrações ligeiramente mais elevadas, durante as horas de maior intensidade de tráfego automóvel (Figura 11). Apesar das concentrações de partículas PM₁₀ registadas nas estações urbanas serem influenciadas pelas emissões do tráfego automóvel, em meio urbano as concentrações podem também ser resultantes das emissões de outras fontes, verificando-se que o acréscimo das concentrações durante as horas de ponta é bastante mais atenuado do que para outros poluentes como o CO e os NO_x, e que se mantêm níveis elevados de partículas em períodos em que já se verificou o decréscimo das concentrações destes poluentes. Este comportamento poderá ser explicado pela ocorrência de fenómenos de ressuspensão de partículas e também pela formação de partículas secundárias.

Figura 11. Ciclo diário das concentrações médias horárias de PM₁₀ no período de 2022-2023



3.2.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

Quanto menor é a dimensão das partículas, maior é a probabilidade de penetrarem profundamente no aparelho respiratório e maior o risco de induzirem efeitos negativos. As partículas inferiores a 10 µm são as mais nocivas, pois penetram no aparelho respiratório, podendo as mais finas, partículas PM_{2,5}, atingir os alvéolos pulmonares e interferir nas trocas gasosas. A exposição crónica a partículas contribui para o risco de desenvolvimento de doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como para o cancro de pulmão.

As partículas em suspensão são também um veículo de transporte eficaz para outros poluentes atmosféricos nocivos que se fixam à sua superfície, especialmente hidrocarbonetos e metais pesados. Estas substâncias são muitas vezes transportadas até aos pulmões onde podem depois ser absorvidas para o sangue e tecidos.

Os efeitos de sujidade nos edifícios e monumentos são os efeitos mais evidentes das partículas nos materiais. Na atmosfera intervêm no ciclo da água, em particular no que diz respeito à formação das nuvens, nevoeiros e precipitação, podendo ainda influenciar o clima ao absorverem e difundirem a radiação solar. As dimensões das partículas finas são da ordem de grandeza do comprimento de onda da luz visível podendo, por este motivo, reduzir sensivelmente a visibilidade.

3.2.3 Análise da conformidade legal das partículas PM₁₀

Para as partículas PM₁₀ a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite diário (VLD) de 50 µg/m³, que não deve ser excedido mais do que 35 vezes no ano, e um valor limite anual (VLA) de 40 µg/m³, de cumprimento obrigatório desde 2005.

O atual quadro legal permite que, quando a contribuição de poluentes provenientes de fontes naturais é significativa, as excedências imputáveis a estas fontes não sejam consideradas para efeitos de cumprimento dos VL fixados. Por contribuições provenientes de fontes naturais entendem-se emissões de poluentes não causadas direta nem indiretamente por atividades humanas, nas quais se incluem catástrofes naturais como erupções vulcânicas, atividade sísmica, atividade geotérmica, incêndios florestais incontrolados, ventos de grande intensidade, aerossóis marinhos ou a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões secas.

Considerando a contribuição importante das fontes naturais para os níveis de partículas em suspensão observados no território nacional, nomeadamente as provenientes do transporte de partículas dos desertos do Norte de África, foi desenvolvida uma metodologia ibérica para avaliar a contribuição destas fontes, sendo esta deduzida antes de se avaliar o cumprimento dos valores limite de PM₁₀.

A identificação e avaliação dos descontos da contribuição dos eventos naturais, para as concentrações diárias de PM₁₀ registadas nas estações de monitorização da qualidade do ar, é elaborada anualmente pela FCT/UNL para a APA, I.P. A informação relativa aos descontos para 2023 consta do relatório “Identificação e avaliação da ocorrência de eventos naturais em Portugal em 2023” (APA e FCT/UNL, 2024).

Na Figura 12 e na Figura 13 são apresentados os resultados para 2023 das partículas PM₁₀, relativos aos indicadores média anual e 36º máximo horário, que permitem avaliar, respetivamente, o cumprimento do VLA e VLD definidos para este poluente.

Neste ano verificou-se o cumprimento dos valores limite legislados para as PM₁₀ em todas as estações da RMQA LVT, mesmo não considerando a dedução da contribuição dos eventos naturais. A média anual foi, em quase todas as estações, inferior em 50% ao VLA e para o VLD verificou-se um número reduzido de médias diárias superiores a este valor, tendo estas situações ocorrido apenas em quatro estações: Cascais - Escola da Cidadela, na AMLNorte (não representada graficamente por ter uma eficiência inferior a 85%), e Paio Pires, Laranjeiro e Escavadeira, na AMLSul.

Figura 12. Avaliação da conformidade legal do poluente PM₁₀ em 2023, para o valor limite anual, para a proteção da saúde humana

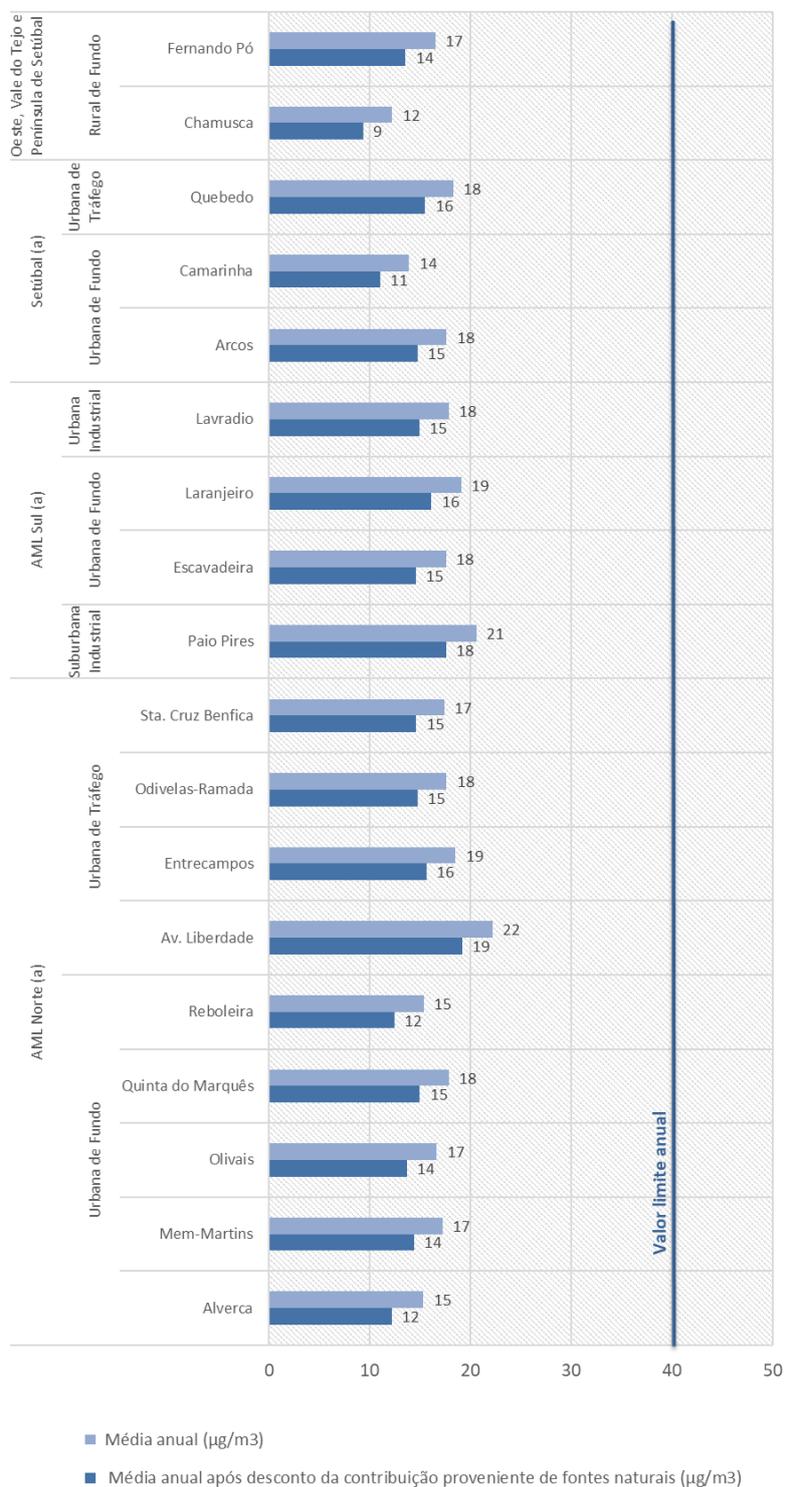
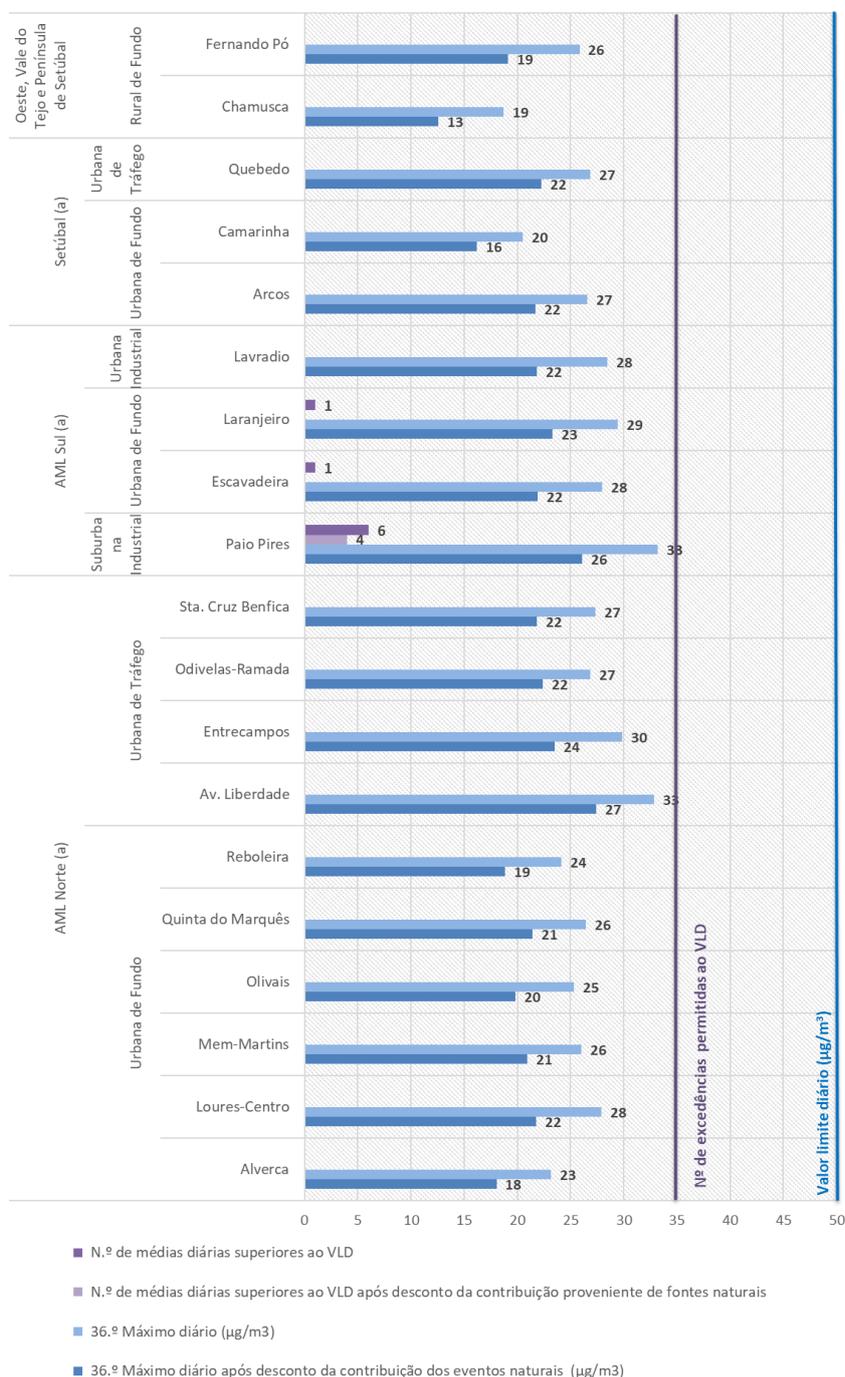


Figura 13. Avaliação da conformidade legal do poluente PM₁₀ em 2023, para o valor limite diário para a proteção da saúde humana



Em 2023, a contribuição de partículas com origem natural nas regiões áridas do Norte de África para as concentrações observadas no território nacional foi pouco expressiva, comparativamente com o ano de 2022, em que se verificou a contribuição mais elevada, quer em número de dias de ocorrência quer em intensidade, considerando os episódios ocorridos desde 2009.

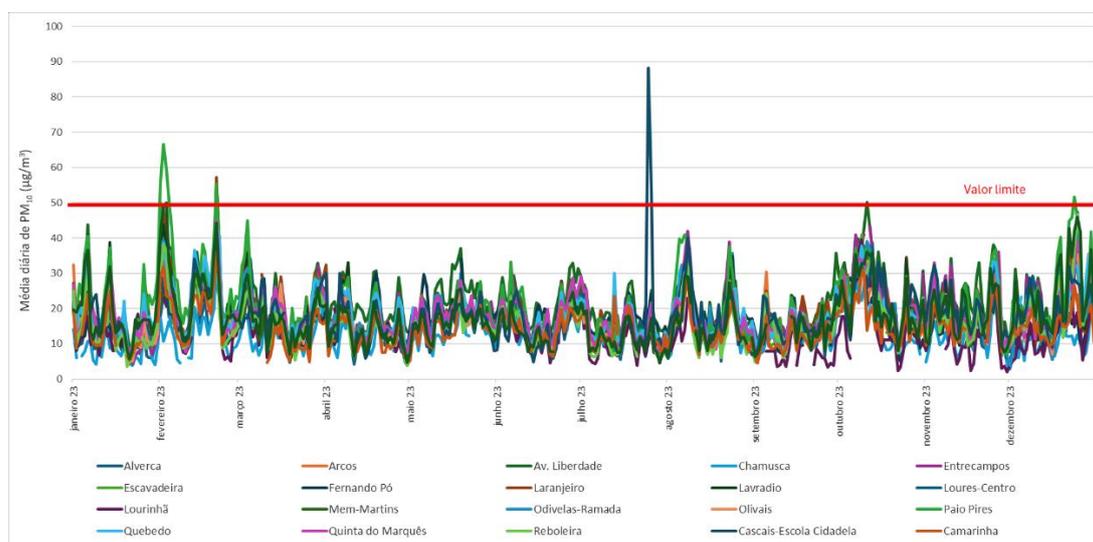
Na Tabela 1 apresenta-se a lista dos dias com ultrapassagem do VLD nas estações da RMQA LVT, indicando-se os valores registados em cada estação e identificando-se os dias em que ocorreram eventos naturais. Após a aplicação da metodologia de desconto da contribuição destes eventos nas concentrações de PM₁₀ registadas, verificou-se a redução quase total do número de excedências observadas, conforme se pode verificar pela análise da Figura 13. A estação de Paio Pires foi a que registou o maior número de excedências ao VLD (6 dias, não considerando o desconto dos eventos naturais e 4 dias após o desconto dos eventos naturais), embora em número muito inferior ao permitido pela legislação em vigor (35 dias).

Neste ano, do total de oito dias em ultrapassagem ao VLD de partículas PM₁₀ registados em estações da RMQA LVT (ver Figura 14), verificou-se a ocorrência de eventos naturais em quatro destes dias e uma situação de incêndio numa zona de mato em Alcabideche, no concelho de Cascais, que provocou a ultrapassagem deste valor durante dois dias na estação de Cascais - Escola da Cidadela. As duas restantes situações de ultrapassagem ao VLD registaram-se na estação de Paio Pires, em dias caracterizados por maior estabilidade da atmosfera no período noturno, que não permitiram uma adequada dispersão dos poluentes.

Tabela 1. Ultrapassagem do VLD de PM₁₀ nas estações da RMQA LVT durante o ano de 2023

Data	Dia de eventos naturais	Dia de incendio	AML Sul			AML Norte
			Escavadeira	Laranjeiro	Paio Pires	Cascais-Escola Cidadela
01-02-2023			50	37	56	30
02-02-2023	X		48	47	67	25
03-02-2023	X		37	41	60	25
04-02-2023	X		34	35	51	18
21-02-2023	X		54	57	55	40
25-07-2023		X	12	15	14	88
26-07-2023		X	19	21	21	54
24-12-2023			36	33	52	28
Nº de dias em ultrapassagem ao VLD			1	1	6	2

Figura 14. Concentrações médias diárias de PM₁₀ nas várias estações da RMQA LVT durante o ano de 2023



Relativamente à evolução dos níveis de PM₁₀, verifica-se pela análise das Figuras 15 e 16, onde se encontram representados, respetivamente, os piores resultados do 36.º máximo diário e da média anual de PM₁₀ obtidos em cada ano nas estações de cada zona da RLVT, que tem havido uma tendência de decréscimo das concentrações deste poluente nas quatro zonas da região.

Até 2008 verificou-se um decréscimo acentuado das concentrações, observando-se depois, até 2017, pequenas oscilações, muito relacionadas com a variabilidade das condições meteorológicas e com o número de dias de eventos naturais verificados em cada ano. A evolução, desde então, tem sido muito condicionada pela redução de emissões resultante da contínua renovação da frota de veículos rodoviários em circulação, mas com algumas flutuações, dependentes do número e da magnitude dos eventos naturais ocorridos em cada ano. Descontando a contribuição destes eventos para as concentrações de PM₁₀, verifica-se uma notória tendência de descida nas concentrações.

Nos últimos anos, com a redução das concentrações na generalidade das estações, constata-se que os níveis dos vários tipos de estações não apresentam diferenças significativas, sendo em alguns locais de zonas urbanas próximos dos níveis típicos de zonas rurais.

Relativamente à AML Sul é de referir que nos anos de 2010, 2012 e 2013 a estação de Paio Pires (estação de piores concentrações nesta zona) não obteve a quantidade de dados necessária para efetuar a avaliação do cumprimento dos valores limite, o que justifica algumas das oscilações verificadas nesta aglomeração, representada nesses anos por outras estações de menores concentrações.

Até 2009 verificou-se o incumprimento sistemático do VLD nas aglomerações da AML Sul e AML Norte e, nos anos seguintes, por diversas vezes, nesta última aglomeração. A partir de 2017 observou-se uma redução significativa das concentrações de PM₁₀, não se verificando desde 2018 a ultrapassagem deste VLD em estações da RLVT.

Na zona rural do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal nunca se registou o incumprimento dos VL de PM₁₀, no entanto registaram-se, em alguns anos, médias diárias relativamente elevadas, em situações de ocorrência de eventos naturais e de incêndios florestais.

Figura 15. Evolução do 36.º máximo diário de PM₁₀ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais

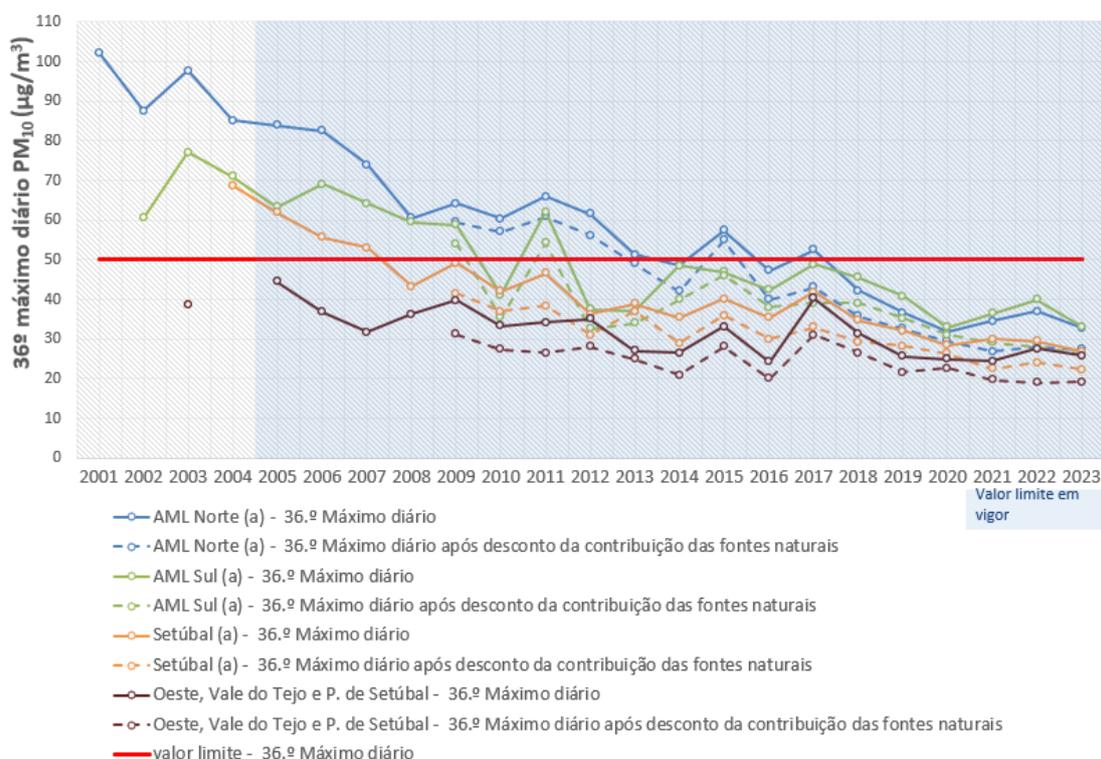
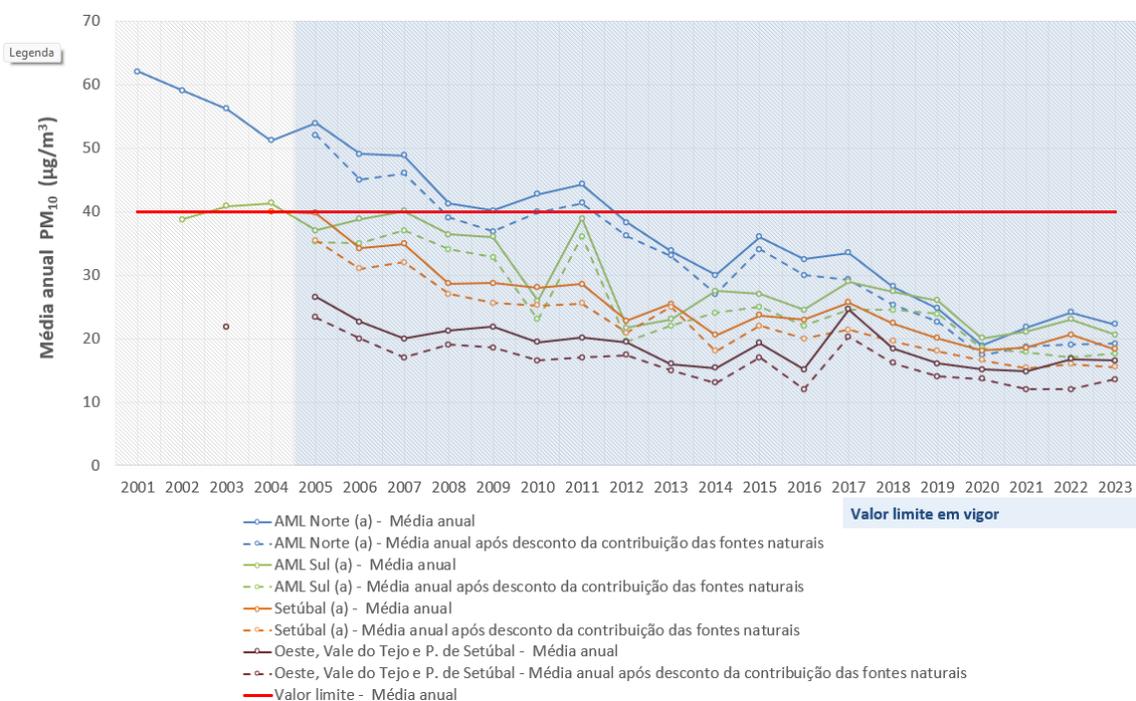


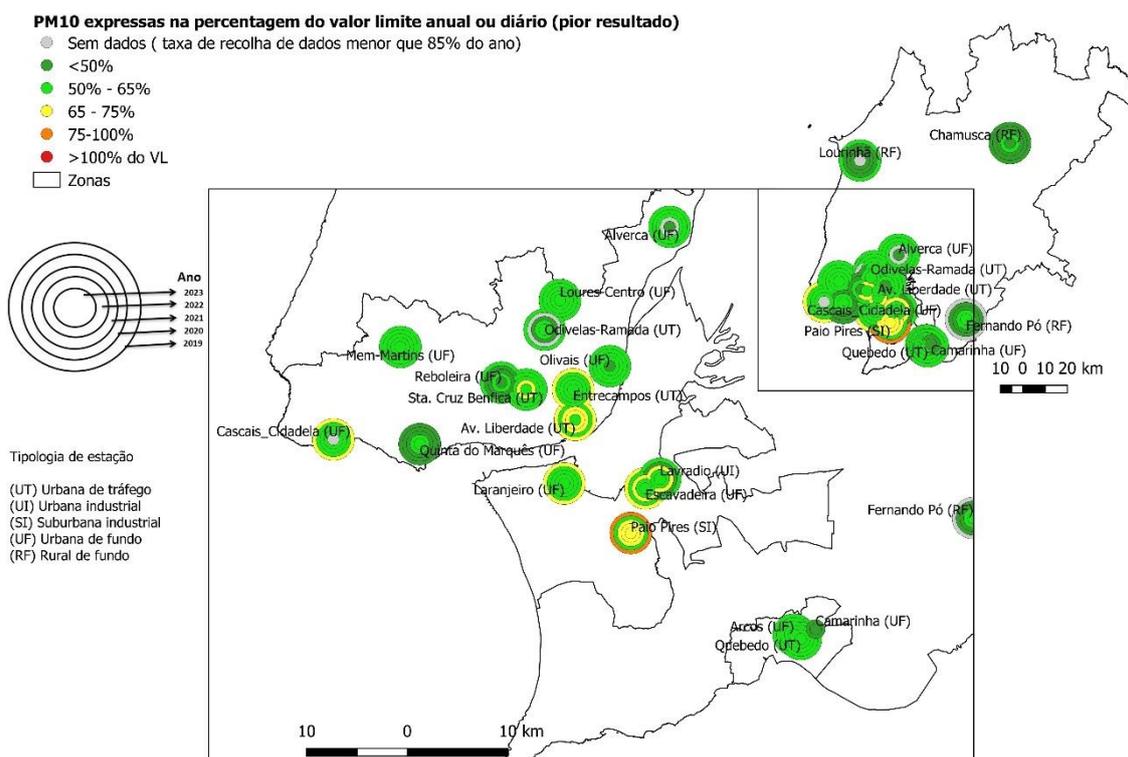
Figura 16. Evolução da média anual de PM₁₀ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais



O mapa da Figura 17 representa a evolução das concentrações de partículas PM₁₀ nas estações da RMQA LVT nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos VL, não considerando o desconto dos

eventos naturais. Os resultados estão agregados de acordo com o pior resultado obtido para os dois VL deste poluente e a cada círculo corresponde um ano de dados. Da análise desta figura constata-se que nos últimos anos (2018-2023) tem ocorrido um decréscimo generalizado das concentrações de partículas PM_{10} em todas as zonas da RLVT e que as concentrações mais elevadas deste poluente têm sido registadas na estação industrial de Paio Pires, localizada na AML Sul, e na estação de tráfego da Avenida da Liberdade, localizada na AML Norte.

Figura 17. Mapa da evolução das partículas PM_{10} nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos



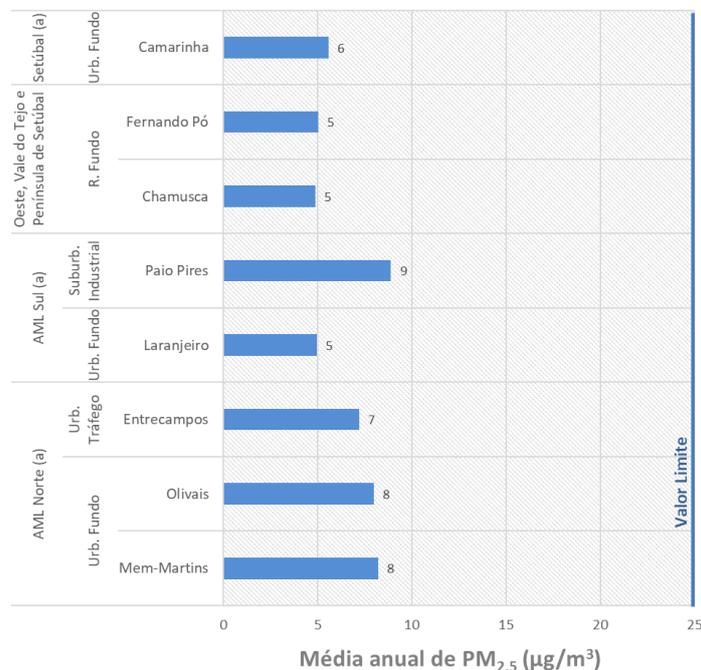
3.2.4 Análise da conformidade legal das partículas $PM_{2,5}$

Para o poluente $PM_{2,5}$ a legislação em vigor define um valor alvo e um valor limite, ambos de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avaliados através da média anual. Esta concentração está definida como valor alvo para o ano de 2010 e como valor limite de cumprimento obrigatório a partir de 1 janeiro de 2015.

Uma vez que não foi possível definir um limiar abaixo do qual as $PM_{2,5}$ não constituem um problema para a saúde humana, na legislação em vigor está também definido o objetivo de alcançar a redução contínua das concentrações urbanas de fundo deste poluente, tendo sido estabelecidos objetivos adicionais de exposição da população, baseados no cálculo de um indicador de exposição média (IEM). O IEM corresponde à concentração média anual de três anos consecutivos, determinada em relação a todas as estações urbanas de fundo numa rede de monitorização nacional, estabelecida para esse efeito. Na RLVT integram esta rede as estações de Mem Martins, Olivais e Laranjeiro.

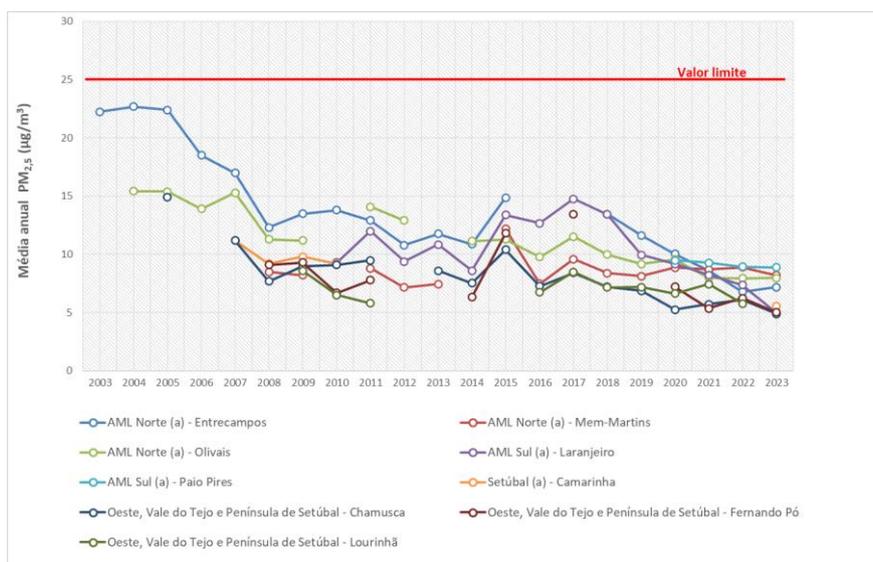
Em 2023 os resultados obtidos para a média anual de $PM_{2,5}$ nas estações da RMQA LVT, apresentados na Figura 18, foram muito inferiores ao valor limite legislado.

Figura 18. Avaliação da conformidade legal do poluente $PM_{2,5}$ em 2023, para o valor limite para a proteção da saúde humana



As médias anuais registadas nas várias estações que medem este poluente nunca ultrapassaram o valor limite (ver Figura 19), observando-se entre 2005 e 2008 uma redução das concentrações. De 2008 a 2017 a tendência de evolução das $PM_{2,5}$ não é muito clara, mantendo-se, no entanto, os níveis bastante abaixo do valor limite. A partir de 2017, tal como verificado para as PM_{10} , ocorreu um contínuo decréscimo das concentrações, resultante da redução das emissões do tráfego rodoviário, com algumas flutuações devidas às variações inter-anuais das condições meteorológicas e à ocorrência de eventos naturais.

Figura 19. Evolução da média anual para as partículas $PM_{2,5}$



3.3 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

3.3.1 Origem e emissões do poluente

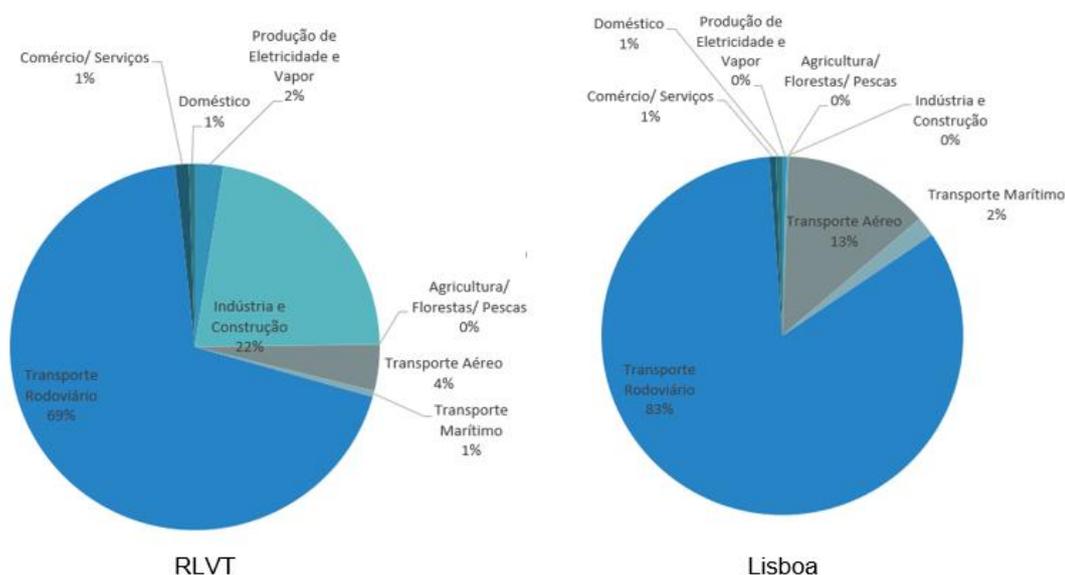
O monóxido de carbono (CO) de origem antropogénica provém essencialmente da combustão incompleta de combustíveis fósseis ou de outras matérias orgânicas. As principais fontes naturais deste poluente são as erupções vulcânicas, os fogos florestais e a decomposição da clorofila.

O CO de origem secundária presente na atmosfera resulta, sobretudo, da oxidação de poluentes orgânicos, tais como o metano.

Em meio urbano os gases de escape dos veículos automóveis são a principal fonte de CO, sendo as zonas de tráfego intenso as que apresentam concentrações mais elevadas deste poluente. As condições de circulação - tráfego mais ou menos fluido - também influenciam as concentrações, dado que as emissões de CO são inversamente proporcionais à velocidade de circulação.

Na RLVT o CO tem a sua principal origem nas emissões do tráfego rodoviário, tendo este sector um peso significativo (69% das emissões) relativamente aos restantes sectores que contribuem para as emissões deste poluente (ver Figura 20).

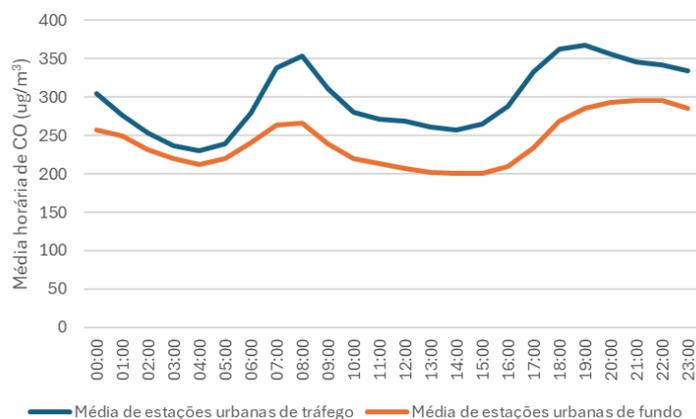
Figura 20. Estimativa de emissões de CO por sector de atividade (2019)



Fonte: CCDR-LVT *et al.* (2022)

A variação diária das concentrações deste poluente acompanha a variação do tráfego automóvel, observando-se dois picos diários, nas horas de ponta da manhã e da tarde. Embora estes dois picos sejam mais pronunciados nas estações urbanas de tráfego da RMQA LVT, o perfil é muito semelhante nas estações de fundo (Figura 21).

Figura 21. Ciclo diário das concentrações médias horárias de CO nas estações urbanas da RMQA LVT, no período 2022-2023



3.3.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

Os efeitos do CO na saúde humana são consequência da sua capacidade de se combinar irreversivelmente com a hemoglobina do sangue em lugar do oxigénio, provocando uma falta de oxigenação. A exposição a este poluente pode assim constituir um risco significativo, sobretudo para indivíduos com problemas cardiovasculares. Indivíduos saudáveis podem também ser afetados, mas apenas após exposição a concentrações elevadas.

A inalação de CO provoca dores de cabeça e vertigens que se agravam com o aumento das concentrações deste poluente, podendo depois observar-se náuseas e vómitos, e no caso de uma exposição prolongada o coma ou a morte.

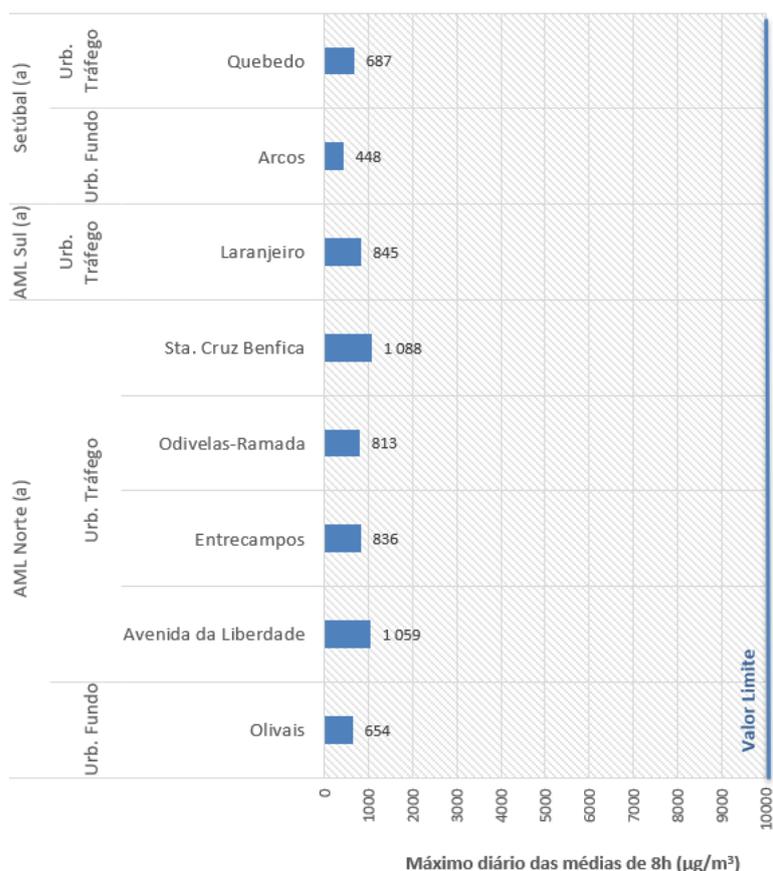
O CO intervém também nos mecanismos de formação do ozono troposférico. Na atmosfera, transforma-se em dióxido de carbono, contribuindo assim de forma indireta para o efeito de estufa.

3.3.3 Análise da conformidade legal

Para o CO a legislação em vigor define um valor limite de 10 mg/m^3 ($10\,000 \text{ µg/m}^3$), avaliado para o valor máximo diário das médias de 8 horas.

Da análise da Figura 22 verifica-se que em 2023 todas as estações da RMQA LVT registaram um máximo diário das médias de 8 horas muito inferior ao VL definido para este poluente.

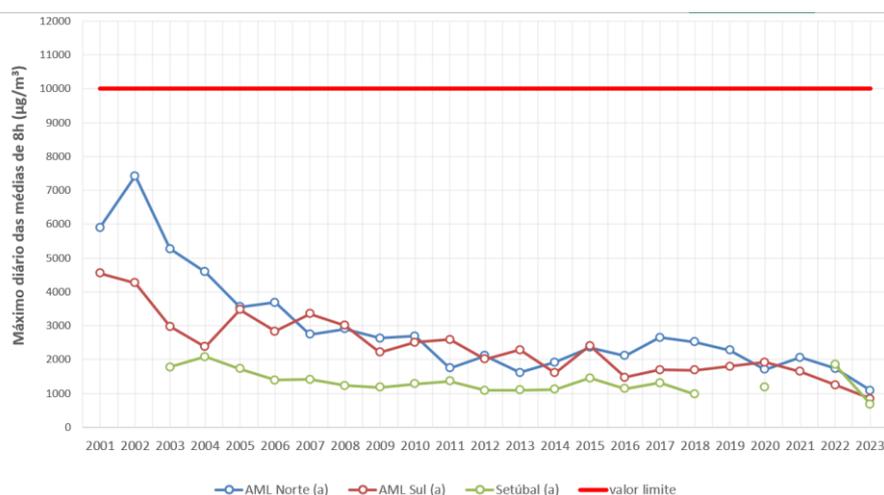
Figura 22. Avaliação da conformidade legal do poluente CO em 2023, para o valor limite para a proteção da saúde humana



No período entre 2001 e 2023 nunca foi ultrapassado o valor limite legislado para o CO (Figura 23). Nos primeiros dez anos verificou-se uma clara tendência de redução das concentrações deste poluente nas estações da RMQA LVT, sobretudo relacionada com o melhor desempenho dos motores de combustão interna dos veículos automóveis. Na última década têm-se verificado pequenas variações nos níveis deste poluente, sem grande significado para a qualidade do ar, uma vez que os valores registados são muito baixos.

Até 2011 o CO foi monitorizado em todas as estações da RMQA LVT, com exceção das estações rurais de fundo. Atendendo às baixas concentrações deste poluente, a partir de 2012, após um processo de reestruturação da RMQA LVT, este poluente passou a ser medido num conjunto mais reduzido de estações.

Figura 23. Evolução do máximo diário das médias de 8 horas para o CO nas aglomerações da RLVT (valor máximo das estações de cada aglomeração)



3.4 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂)

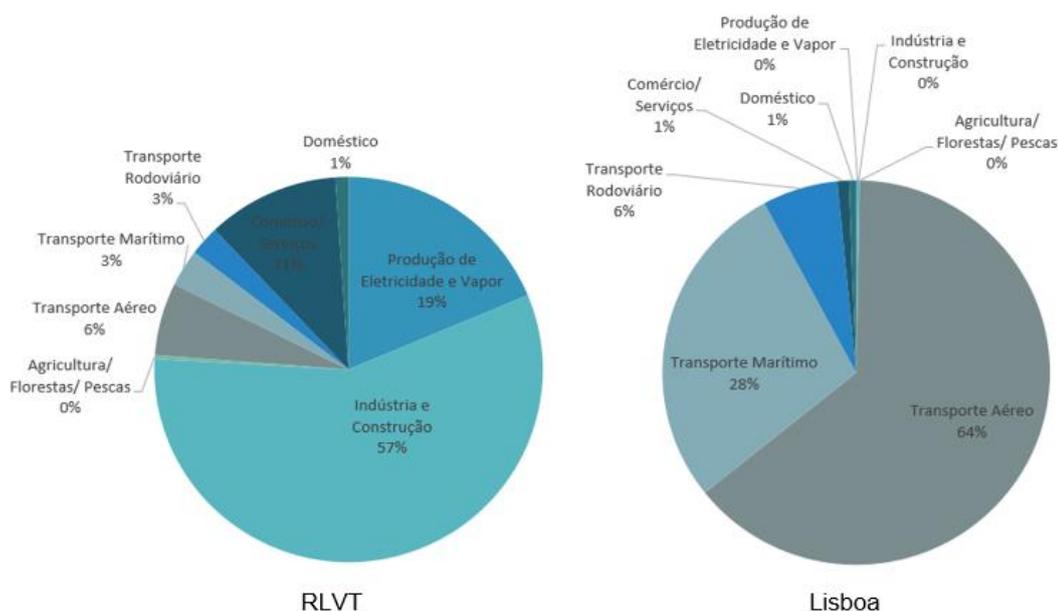
3.4.1 Origem e emissões do poluente

O SO₂ é essencialmente formado no momento da queima de combustíveis fósseis, tais como o carvão e o fuelóleo. As principais fontes antropogénicas são as centrais térmicas e as grandes instalações de combustão industrial, mas o SO₂ tem também origem natural, sobretudo como resultado da atividade dos vulcões e dos fogos florestais.

Na RLVT as emissões de SO₂ provêm principalmente de fontes pontuais dos sectores da indústria e da produção de eletricidade e vapor (Figura 24). Nos anos mais recentes este último sector tem assumido um peso relativo menor, em consequência de alterações na tecnologia de queima que passou de equipamentos a fuelóleo e carvão (com teores de enxofre na ordem dos 1-3%) para a combustão de gás natural (com um teor de enxofre residual). No concelho de Lisboa são ainda de destacar as emissões associadas ao transporte aéreo e marítimo, devido ao tipo de combustível utilizado que, ao contrário do que acontece com o transporte rodoviário, ainda tem um teor elevado de enxofre.

As emissões deste poluente na RLVT são atualmente bastante baixas, traduzindo-se em concentrações muito reduzidas nas estações da região, como se pode verificar pela informação apresentada nos capítulos 3.4.3 e 3.4.4.

Figura 24. Estimativa de emissões de SO₂ por sector de atividade em 2019, na RLVT e em Lisboa



Fonte: CCDR-LVT *et al.* (2022)

3.4.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

O SO₂ é um gás irritante para as mucosas e vias respiratórias, podendo ter, em concentrações elevadas, efeitos agudos e crónicos na saúde humana, essencialmente ao nível do aparelho respiratório. O SO₂ pode igualmente agravar problemas cardiovasculares devido ao seu impacto na função respiratória.

A presença simultânea na atmosfera de dióxido de enxofre e partículas pode potenciar ou agravar os efeitos de doenças respiratórias crónicas ou aumentar o risco de doenças respiratórias agudas.

O SO₂ transforma-se em ácido sulfúrico em contacto com a humidade do ar e participa no fenómeno de formação das chuvas ácidas. Contribui igualmente para a degradação da pedra e dos materiais de numerosos monumentos.

A deposição de SO₂ afeta também a vegetação, podendo causar diminuição das taxas de crescimento e fotossintética devido à degradação da clorofila, e aumentar a sensibilidade a outros fatores como o gelo e/ou parasitas. Os líquenes são as espécies mais sensíveis, sendo por isso bons indicadores da presença deste tipo de poluição.

3.4.3 Análise da conformidade legal - Proteção da saúde humana

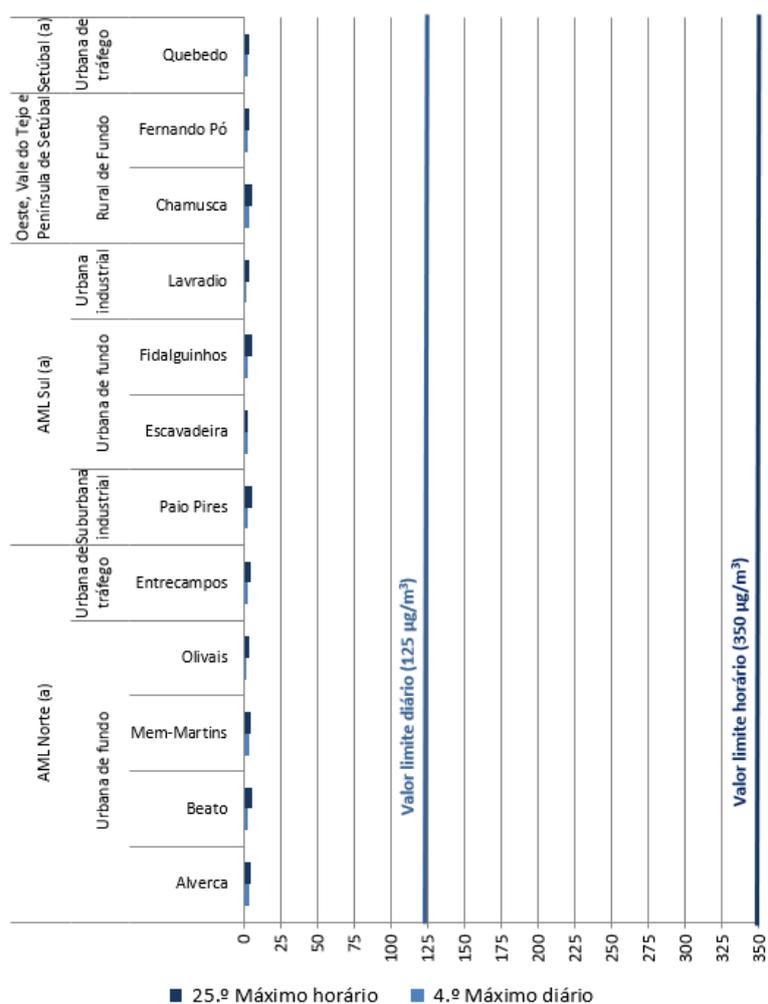
Para o SO₂ a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário (VLH) de 350 µg/m³, que não deve ser excedido mais do que 24 vezes no ano, e um valor limite diário (VLD) de 125 µg/m³, que não deve ser excedido mais do que três vezes no ano, ambos de cumprimento obrigatório desde 2005. A avaliação da conformidade legal para o SO₂ é feita através dos

indicadores, 4º máximo diário e 25º máximo horário, que permitem verificar, respetivamente, o cumprimento do VLD e do VLH.

Para este poluente está ainda definido um limiar de alerta horário, de 500 µg/m³, a medir durante três horas consecutivas.

Conforme se pode comprovar pela análise da Figura 25, no ano de 2023 não se verificou nenhuma situação de incumprimento dos VL definidos para o SO₂. Tal como em anos anteriores, registaram-se concentrações médias horárias e diárias muito baixas deste poluente em todas as estações da RMQA LVT.

Figura 25. Avaliação da conformidade legal do poluente SO₂ em 2023, para a proteção da saúde humana



No período entre 2001 e 2023 a zona da AML Sul foi a que apresentou os níveis mais elevados de SO₂, (Figura 26 e Figura 27), tendo-se verificado nesta aglomeração o incumprimento do VLH e do VLD na estação industrial do Lavradio, localizada no concelho do Barreiro, nos anos de 2005, 2007 e 2008. Nesta estação o limiar de alerta foi também ultrapassado nos anos de 2001, 2003 e 2007.

Para este poluente tem-se verificado uma tendência de decréscimo das concentrações em todas as estações da RMQA LVT, correspondente a uma redução da atividade industrial na região e também a uma redução do teor de enxofre nos combustíveis. Na AML Sul é notória a redução significativa das concentrações a partir de 2009, coincidente com o encerramento de alguma indústria importante na zona industrial do Barreiro, observando-se que a partir de 2013 os níveis registados nesta aglomeração já não se destacam dos níveis das restantes zonas da região.

Atendendo às baixas concentrações deste poluente registadas na RMQA LVT, em 2012 foi reduzido o número de estações que medem este poluente, tendo-se mantido em funcionamento os analisadores de estações instaladas na proximidade de zonas industriais e os analisadores de um conjunto mais reduzido de estações para avaliação dos níveis de fundo deste poluente.

Figura 26. Evolução do 4º máximo diário de SO₂ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)

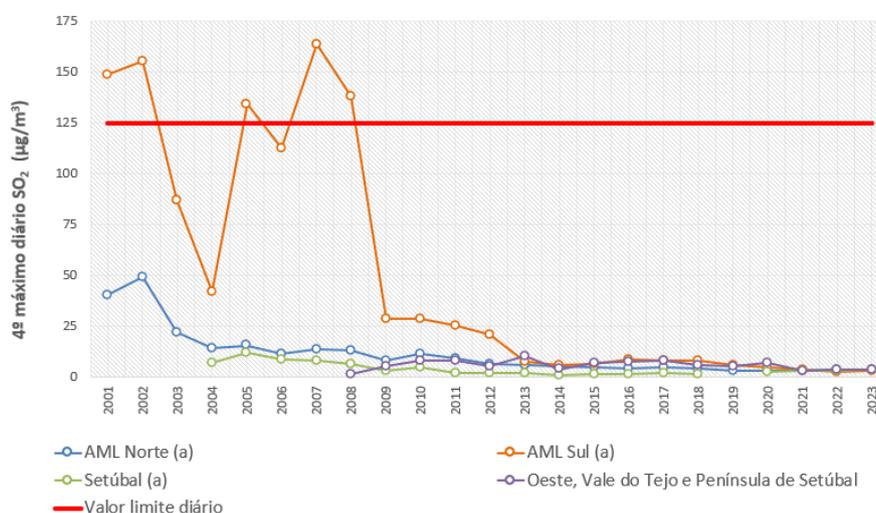
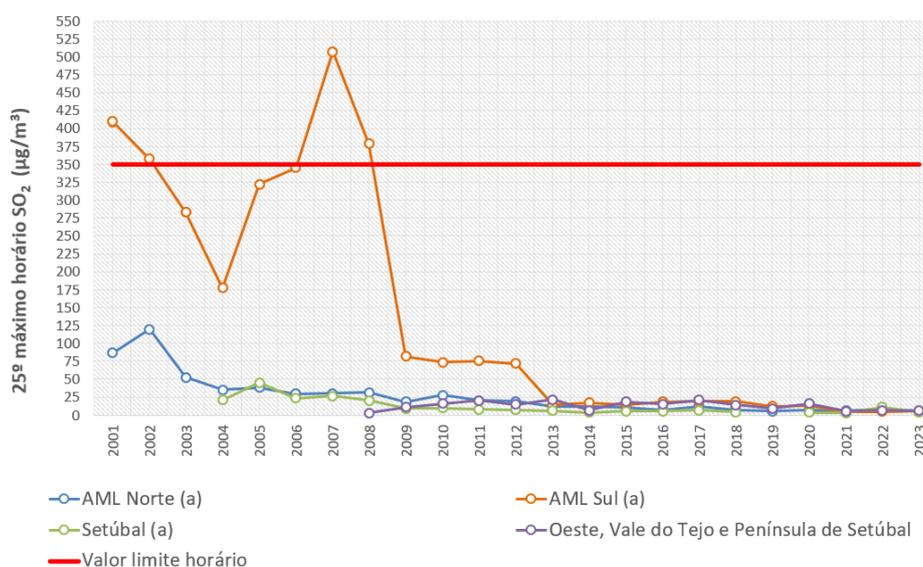


Figura 27. Evolução do 25º máximo horário de SO₂ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)



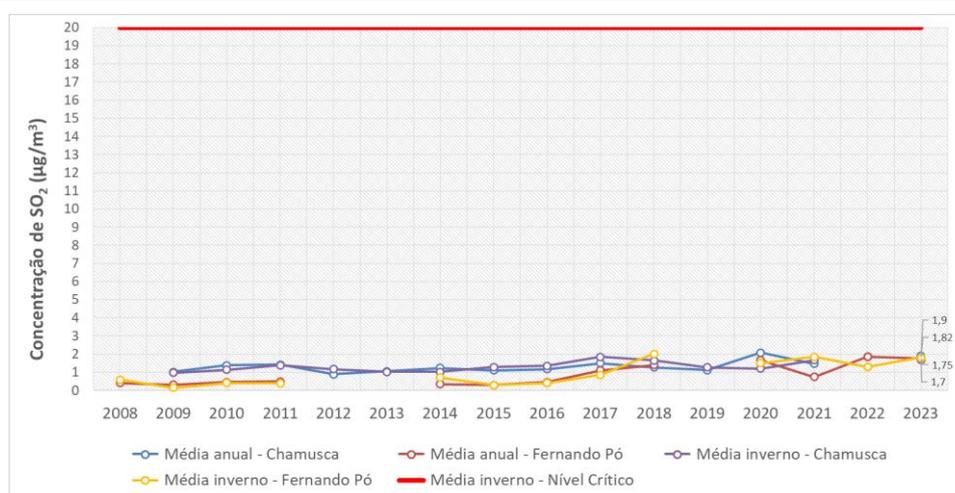
3.4.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação

Para o SO₂ a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da vegetação, um nível crítico de 20 µg/m³, avaliado para um valor médio anual e para um valor médio de inverno (1 de outubro do ano x-1 a 31 de março do ano x).

Em 2023, nas estações rurais de fundo da Chamusca e de Fernando Pó, o valor médio anual e o valor médio para o período de inverno foram muito inferiores ao valor definido para o nível crítico.

A avaliação dos resultados obtidos para a média anual e para a média de inverno de SO₂ no período compreendido entre 2008 e 2023 mostra que os níveis foram sempre muito baixos nas estações da Chamusca e de Fernando Pó, não se tendo registado incumprimentos do nível crítico para proteção da vegetação (Figura 28).

Figura 28. Evolução da média anual e de inverno de SO₂ nas estações rurais de fundo



3.5 OZONO (O₃)

3.5.1 Origem do poluente

O ozono (O₃) é uma molécula formada por três átomos de oxigénio, muito reativa e com um forte poder oxidante. Nas camadas altas da atmosfera, ao nível da estratosfera, o O₃ desempenha um papel vital ao filtrar a radiação solar ultravioleta, protegendo assim a vida sobre a Terra. Na troposfera, camada atmosférica em contacto com a superfície terrestre, o O₃, designado como ozono troposférico, é um poluente secundário que afeta negativamente a saúde humana.

O O₃ não é diretamente emitido para a atmosfera, formando-se através de um conjunto de reações químicas entre óxidos de azoto, compostos orgânicos voláteis (COV) e monóxido de carbono, por ação da radiação solar. Os poluentes primários que dão origem à formação do O₃ são essencialmente resultantes das emissões dos veículos automóveis e de determinadas atividades industriais.

As reações de formação do O₃ são complexas e os episódios de concentrações elevadas deste poluente ocorrem especialmente nos dias de verão, na presença de condições meteorológicas particulares – forte radiação solar, temperaturas elevadas, vento fraco e estabilidade atmosférica – frequentemente associadas à persistência de um anticiclone.

As concentrações mais elevadas de O₃ observam-se normalmente na periferia das zonas onde são emitidos os poluentes precursores, já que estes podem ser transportados pelas massas de ar a grandes distâncias. Em áreas urbanas, na proximidade das fontes emissoras, o NO emitido pelos veículos automóveis pode reagir com o O₃, reduzindo-se assim localmente as concentrações deste poluente.

Em ambiente urbano, a produção de ozono é forte durante o dia e a sua destruição rápida durante a noite. Os picos são normalmente bem marcados, observando-se concentrações mais baixas junto às vias de tráfego intenso, enquanto em meio rural, na ausência de NO, a sua destruição é mais fraca e as variações menores e, portanto, as concentrações em termos médios mais elevadas.

A variação média diária das concentrações de O₃ nas estações da RMQA LVT, apresentada na Figura 29, mostra que as concentrações deste poluente começam a aumentar logo após o período de maior intensidade de tráfego e à medida que a radiação solar aumenta, atingindo-se os valores máximos nas primeiras horas da tarde, quando a radiação solar é mais intensa e as condições de mistura mais eficientes. O aumento das concentrações de O₃ durante este período do dia é normalmente acompanhado por um decréscimo das concentrações de NO₂, conforme se ilustra na Figura 30.

Figura 29. Ciclo diário das concentrações médias horárias de O₃ nas estações rurais e urbanas de fundo da RMQA LVT no período de 2022-2023

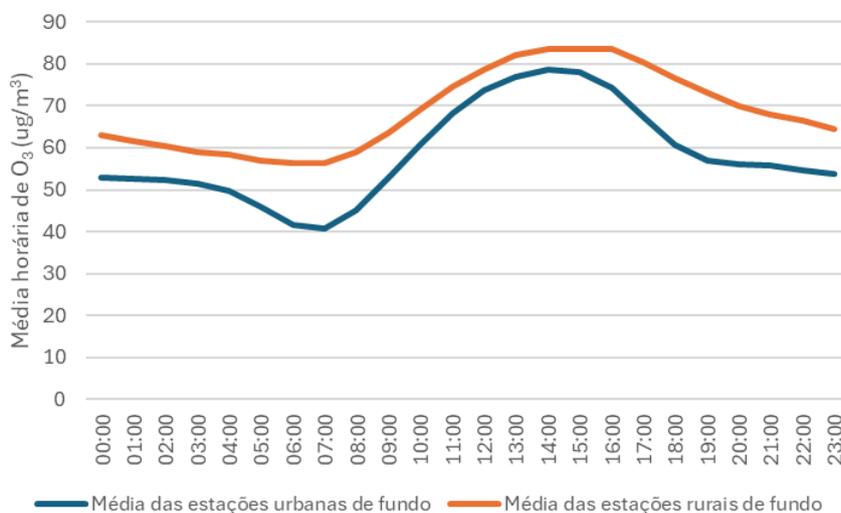
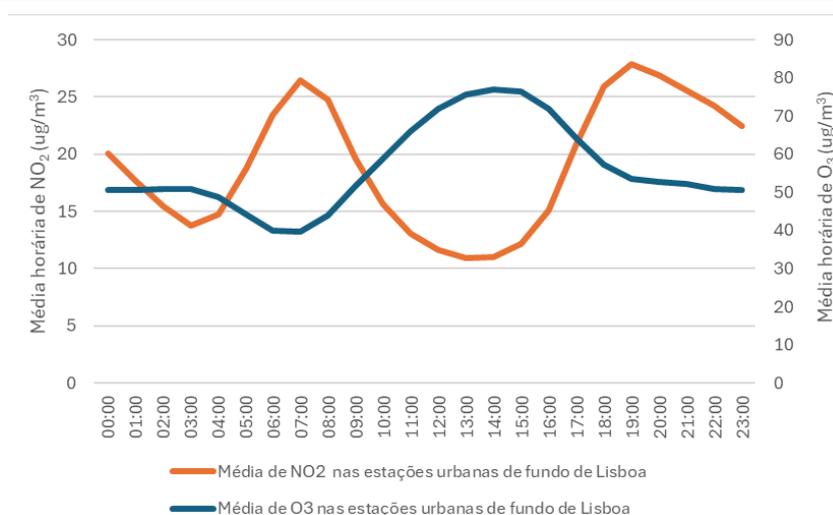


Figura 30. Ciclo diário das concentrações de NO₂ e O₃ nas estações urbanas de fundo de Lisboa no período 2022-2023



3.5.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

O O₃ é um gás agressivo para as mucosas oculares e respiratórias e, tal como outros oxidantes fotoquímicos, penetra profundamente nas vias respiratórias, afetando essencialmente os brônquios e os alvéolos pulmonares. A sua ação pode manifestar-se por irritações nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça e por problemas respiratórios, tais como dificuldade em respirar, dores no peito e tosse. A sua presença pode também provocar o agravamento de patologias respiratórias já existentes e reduzir a resistência a infeções respiratórias.

Tem um efeito nocivo sobre a vegetação, perturbando a atividade fotossintética e o seu crescimento e reprodução. Afeta também certos materiais como a borracha, têxteis e pinturas.

O O₃ é também um gás com efeito de estufa que contribui para o aquecimento da atmosfera.

3.5.3 Análise da conformidade legal – Proteção da saúde humana

Para o O₃ o Decreto-Lei n.º 102/2010 estabelece um valor alvo para proteção da saúde humana, de 120 µg/m³, que não deve ser excedido mais do que 25 dias no ano, num período médio de três anos, avaliado através da concentração máxima diária das médias de períodos de oito horas. Este valor alvo é avaliado pelo indicador 26º máximo diário das médias de 8 horas.

De acordo com o disposto no referido diploma, 2010 é o primeiro ano que deve ser considerado para o cálculo desta média de três anos, a qual deve incluir, no mínimo, um ano de dados completo, sendo assim 2012 o primeiro ano para o qual se efetua a avaliação do cumprimento do valor alvo.

Para este poluente é também definido um objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana, igualmente avaliado através da concentração máxima diária das médias de períodos de oito horas, que tem por meta o cumprimento de um valor de 120 µg/m³ em todos os dias do ano.

Está ainda definido para o O₃ um limiar de informação de 180 µg/m³ e um limiar de alerta de 240 µg/m³, ambos avaliados para valores médios horários. O limiar de informação é um nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana de grupos particularmente sensíveis da população, a partir do qual é necessária a divulgação imediata de informações adequadas. Uma exposição de curta duração para um nível acima limiar de alerta apresenta riscos para a saúde humana da população em geral e quando esta situação ocorre devem ser adotadas medidas imediatas, segundo as condições constantes do Decreto-Lei n.º 102/2010.

Nas figuras seguintes apresenta-se a avaliação da conformidade legal deste poluente para as estações da RMQA LVT em 2023.

Segundo o Boletim sazonal de verão do IPMA (IPMA, 2023), o verão em Portugal continental classificou-se extremamente quente em relação à temperatura do ar e normal em relação à precipitação, destacando-se neste período os meses de junho e agosto com valores de temperatura do ar muito superiores ao normal, tendo sido o 5º e o 6º mais quentes, respetivamente, desde 1931. Nestes 2 meses observaram-se condições muito favoráveis à formação de ozono troposférico, tendo-se registado nas estações da RMQA LVT as concentrações médias horárias mais elevadas deste poluente.

Na Tabela 2 apresentam-se as excedências ocorridas neste ano ao limiar de informação, observadas em várias estações das aglomerações da AML Norte e AML Sul e também na zona OVTPS. Estes episódios verificaram-se no dia 24 de junho, e em agosto, nos dias 6, 7, 22 e 23, durante a ocorrência de 3 ondas de calor (22 a 28 junho, 5 a 11 agosto e 18 a 25 de agosto) que abrangeram as regiões do vale do Tejo, interior Norte e Centro e região Sul de Portugal Continental.

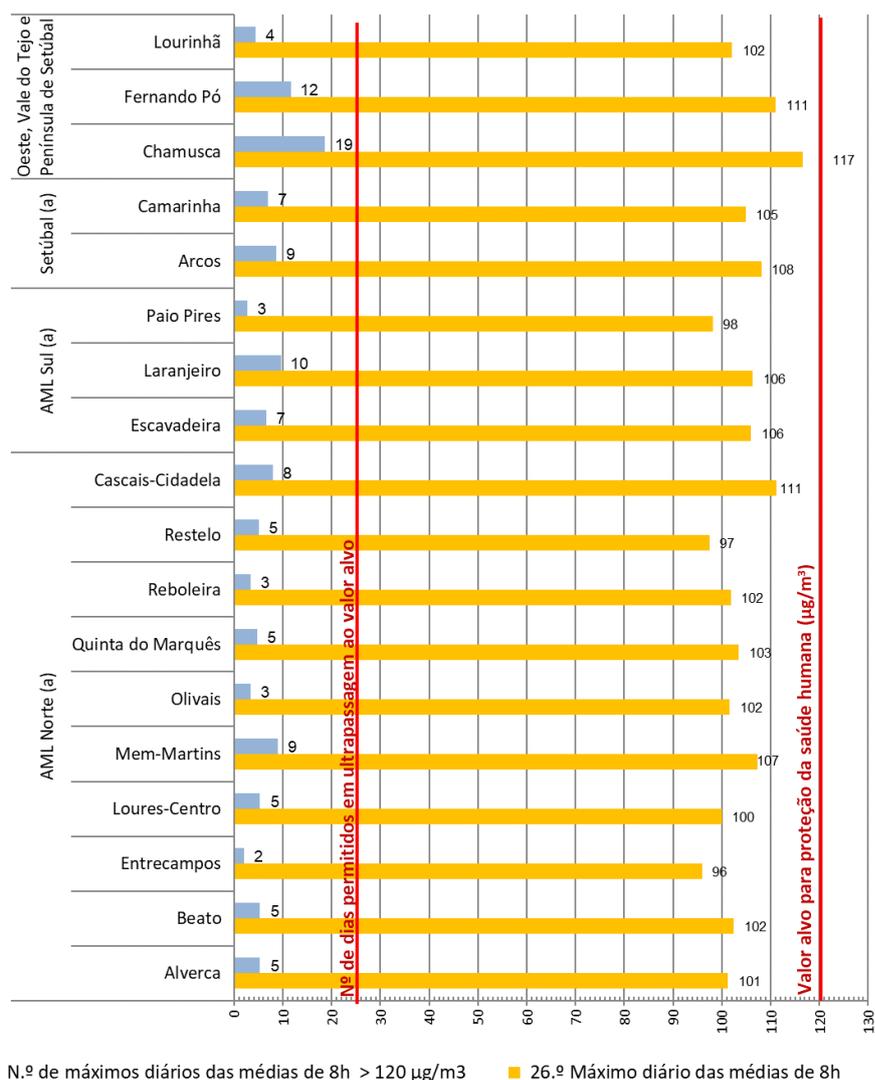
**Tabela 2. Excedências ao limiar de informação nas estações da RMQA LVT em 2023
(concentrações medias horárias em µg/m³)**

Data	AML Norte						AML Sul				Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	Número de estações
	Beato	Mem-Martins	Olivais	Quinta do Marquês	Reboleira	Restelo	Cascais-Escola Cidadela	Escavadeira	Laranjeiro	Paio Pires	Fernando Pó	
24-06-2023 12:00:00	175	100	176	137	94	153	129	181	167	174	151	1
24-06-2023 13:00:00	177	114	193	116	81	135	125	192	169	175	162	2
24-06-2023 14:00:00	213	120	149	117	85	113	130	176	149	184	167	2
24-06-2023 16:00:00	135	117	118	138	91	119	160	126	150	144	196	2
06-08-2023 13:00:00	93	111	83	182	107	179	138	91	111	96	95	1
07-08-2023 12:00:00	165	177	157	170	162	184	168	164	183	138	123	2
07-08-2023 13:00:00	167	202	151	134	186	141	130	184	182	152	113	4
07-08-2023 14:00:00	171	170	163	127	194	127	127	155	156	151	106	1
22-08-2023 21:00:00	94	192	97	139	111	106	76	72	94	59	76	1
23-08-2023 14:00:00	142	162	127	198	140	165	194	147	166	123	126	2
23-08-2023 15:00:00	141	165	126	192	149	176	183	170	193	130	131	3
23-08-2023 16:00:00	154	117	140	183	149	159	95	163	170	133	143	1
Número de horas/dias	1/1	2/2	1/1	4/2	2/1	1/1	2/1	3/2	3/2	1/1	1/1	

Na Figura 31 apresenta-se a avaliação da conformidade legal deste poluente para as estações da RMQA LVT, relativamente ao valor alvo para a proteção da saúde humana (média dos anos 2021, 2022 e 2023).

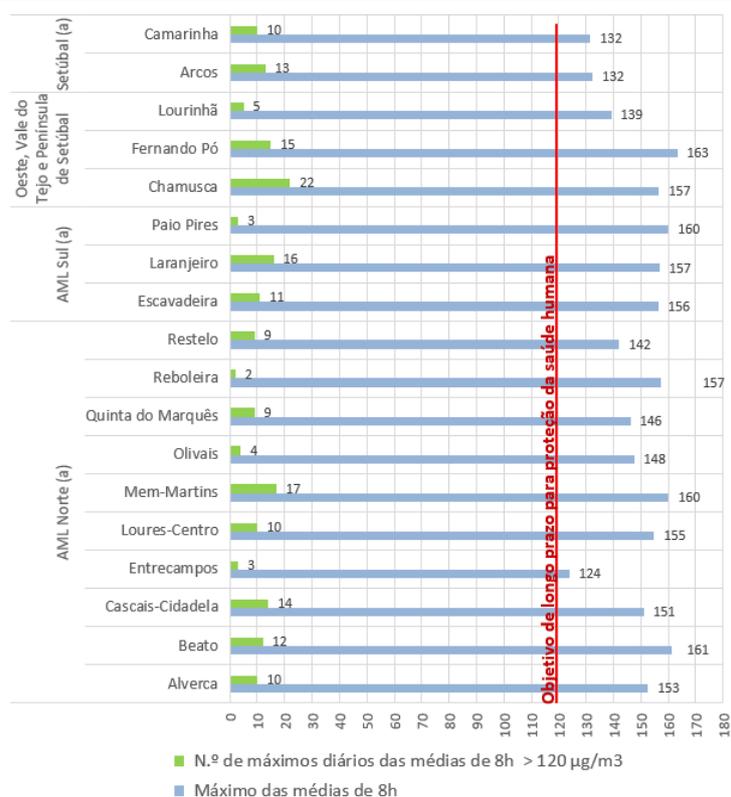
Da análise desta figura verifica-se que este valor foi respeitado em todas as estações da RMQA LVT e que a estação rural da Chamusca, localizada na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal, onde este valor alvo foi sistematicamente ultrapassado até 2018, continua a ser a que regista o número de médias de 8 horas superiores a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (19 horas) mais próximo do limite definido (25 horas).

Figura 31. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 em 2023, para o valor alvo para a proteção da saúde humana (média de 2021, 2022 e 2023)



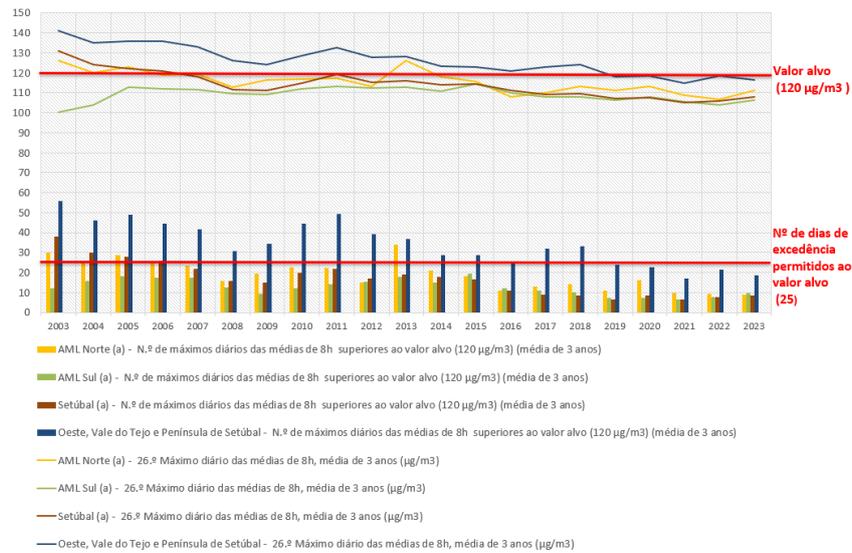
Em 2023 o objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana foi ultrapassado em todas as estações da RMQA LVT (Figura 32).

Figura 32. Avaliação do objetivo de longo prazo para o O₃, para a proteção da saúde humana, em 2023



Relativamente à evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas, expressa na Figura 33, é de registar que, desde 2003, os níveis máximos de O₃ de cada zona da RLVT não variaram significativamente de ano para ano, apesar de se notar uma ligeira tendência de decréscimo. Entre 2012 (primeiro ano de avaliação do cumprimento deste indicador) e 2018, o valor alvo foi sistematicamente ultrapassado na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal (todos os anos, na estação da Chamusca, e em 2012 e 2013, na estação de Fernando Pó), e também em 2013 na aglomeração da AML Norte (na estação urbana de fundo da Quinta do Marquês), sendo ainda de salientar que, na maioria dos anos, o valor máximo das estações de cada zona esteve próximo do valor alvo.

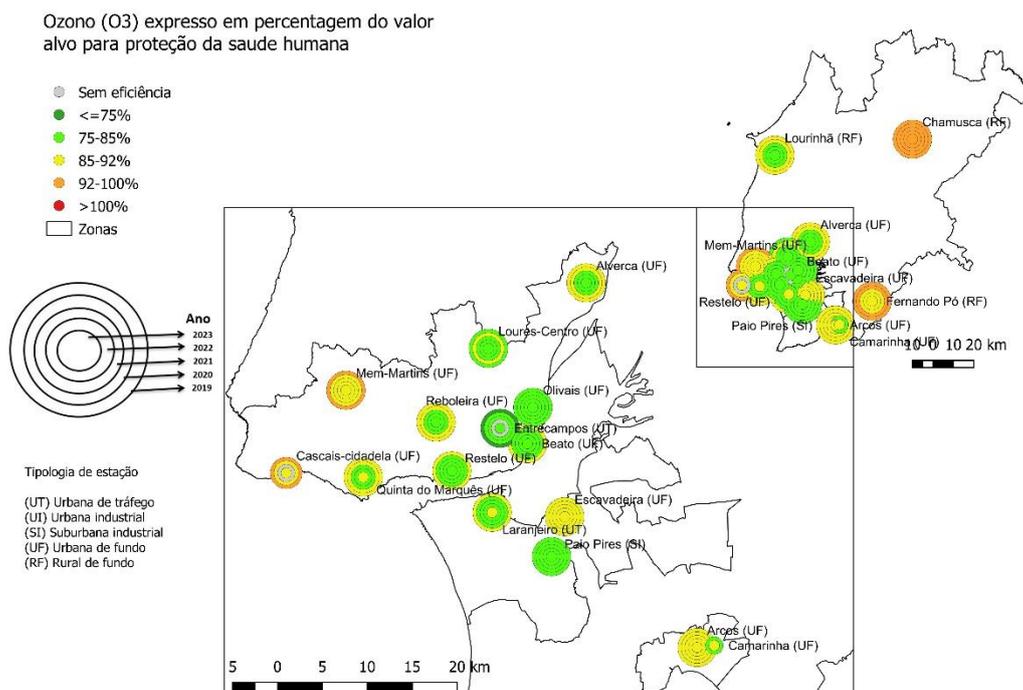
Figura 33. Evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas (valor alvo) para o O₃ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)



Nota: É apresentada a evolução das concentrações apenas a partir do ano de 2003, devido ao número reduzido de estações com medições deste poluente nos anos de 2001 e 2002

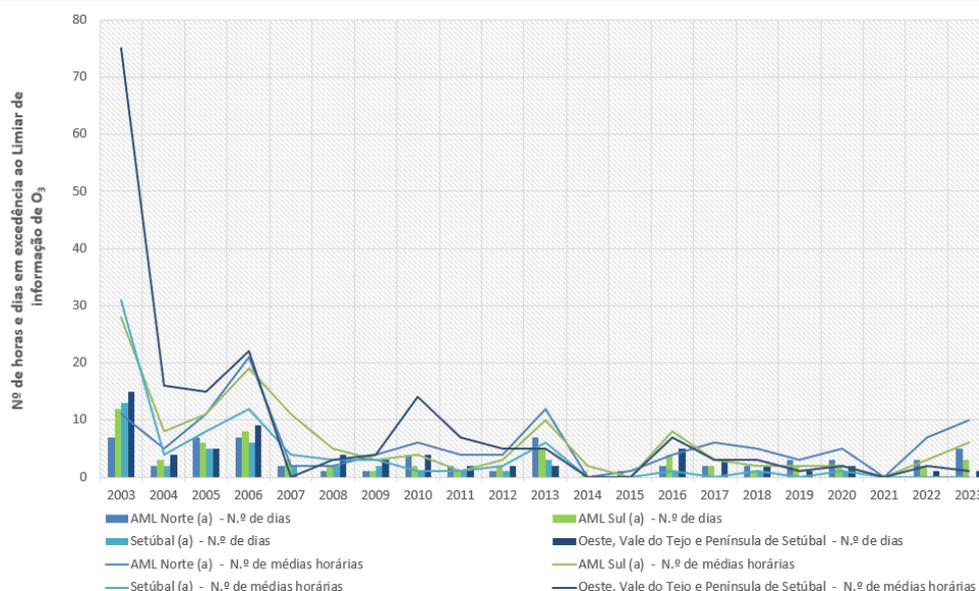
O mapa da Figura 34, que representa a evolução das concentrações de O₃ expressas em percentagem do valor alvo, correspondendo cada círculo a um ano de dados para cada estação, ilustra os resultados acima descritos para os últimos 5 anos. Esta figura permite localizar as estações com ultrapassagens neste período e salienta que, em todos os anos, o 26.º máximo diário de todas as estações (com exceção da estação de tráfego de Entrecampos, em 2019), foi superior a 90 µg/m³ (75% do valor alvo), ou seja, mesmo onde não ocorreram incumprimentos os níveis estiveram próximos do valor alvo.

Figura 34. Mapa dos resultados do valor alvo do O₃ para a proteção da saúde humana, nos últimos 5 anos, nas estações da RMQA LVT



Na Figura 35 apresentam-se as excedências ao limiar de informação nas estações da RMQA LVT nos últimos 20 anos, não sendo possível detetar uma tendência de evolução muito clara destes eventos, parecendo ainda assim haver uma ligeira tendência de decréscimo destas situações episódicas. Verifica-se que as ultrapassagens ao limiar de informação de O₃ ocorreram em maior número no período 2003-2006 e no ano de 2013, sendo o ano de 2021 o único em que não se registaram excedências no período de 2003 a 2023.

Figura 35. Evolução do nº de dias e n.º de horas em ultrapassagem ao limiar de informação de O₃ nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)



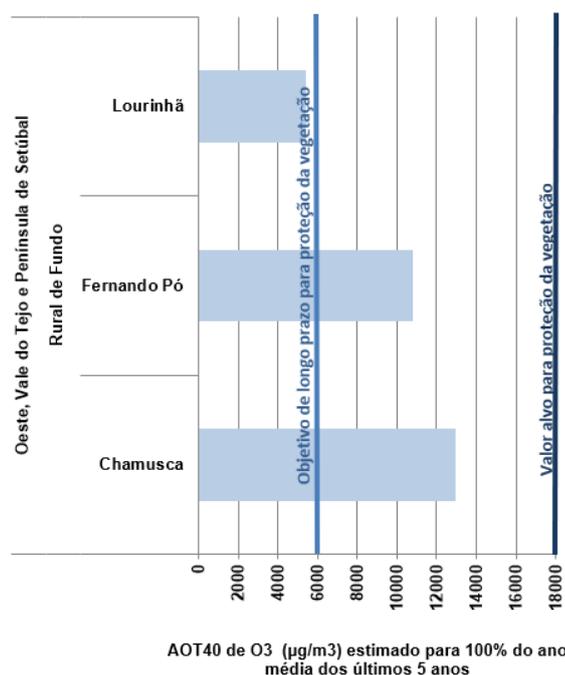
Nota: É apresentada a evolução das concentrações apenas a partir do ano de 2003, devido ao número reduzido de estações com medições deste poluente nos anos de 2001 e 2002

3.5.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação

Para o O₃ o Decreto-Lei n.º 102/2010 define, para a proteção da vegetação, um objetivo de longo prazo, de 6000 µg/m³, avaliado pelo indicador AOT₄₀, e um valor alvo, de 18000 µg/m³, avaliado também pelo indicador AOT₄₀, calculado com base na média dos cinco anos anteriores, e que deve incluir, no mínimo, três anos de dados completos. De acordo com o disposto na legislação em vigor, 2010 é o primeiro ano que deve ser considerado para o cálculo desta média, sendo assim 2014 o primeiro ano para o qual se efetua a avaliação do cumprimento deste valor alvo.

Na Figura 36 apresenta-se a avaliação da conformidade legal das concentrações deste poluente em 2023 relativamente aos objetivos de proteção da vegetação (AOT₄₀), para as estações rurais de fundo da Chamusca, Lourinhã e Fernando Pó, localizadas na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal. Neste ano verificou-se o cumprimento do valor alvo nestas 3 estações e a ultrapassagem do objetivo de longo prazo nas estações da Chamusca e de Fernando Pó.

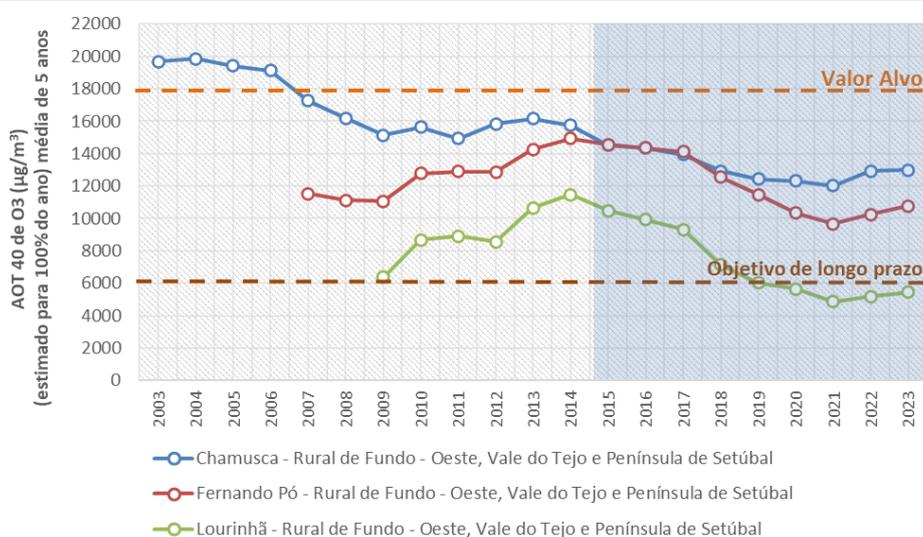
Figura 36. Avaliação da conformidade legal do poluente O₃ para a proteção da vegetação (média de 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023)



Na Figura 37 apresenta-se a evolução do AOT₄₀ de O₃, calculado com base na média dos 5 anos anteriores, para as três estações rurais de fundo, verificando-se que desde 2014 este indicador tem apresentado uma tendência de decréscimo. Apesar de nos anos entre 2003 e 2006 terem ocorrido ultrapassagens ao valor alvo na estação da Chamusca, estas situações não corresponderam a inconformidades legais, uma vez que a avaliação do cumprimento deste objetivo só se iniciou em 2014.

Quanto ao objetivo de longo prazo, as estações rurais da Chamusca e de Fernando Pó estiveram acima do valor legislado em todos os anos avaliados e a estação da Lourinhã em todos os anos até 2020.

Figura 37. Evolução do AOT₄₀ de O₃, média de 5 anos



3.6 BENZENO (C₆H₆)

3.6.1 Origem do poluente

O benzeno, juntamente com o tolueno, o etilbenzeno e o xileno, fazem parte da família dos compostos orgânicos voláteis (COV) correntemente designados por BTX. O benzeno é um dos compostos mais nocivos desta família, sendo o único objeto de regulamentação.

Os BTX entram na composição dos combustíveis fósseis, mas também na de diversos produtos de utilização corrente como as tintas, colas, cosméticos, solventes e detergentes de limpeza, de uso doméstico, profissional ou industrial. Estes compostos são emitidos durante a sua combustão ou por evaporação no momento da sua produção, armazenamento e utilização. O tráfego rodoviário é a principal fonte antropogénica de BTX, pelo que são normalmente observados valores mais elevados em meio urbano do que em zonas rurais.

Os COV podem ter ainda uma origem natural, já que são também emitidos pela vegetação e por outras fontes naturais como os incêndios florestais.

3.6.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

Os efeitos dos COV são muito variáveis, dependendo da natureza do composto, podendo variar de uma simples incomodidade olfativa até efeitos mutagénicos e carcinogénicos (provocados por compostos como o benzeno), passando por irritações diversas e por uma diminuição da capacidade respiratória.

Os COV desempenham um papel muito importante nos mecanismos de formação do ozono na baixa atmosfera (troposfera). Intervêm igualmente nos processos conducentes à formação de gases com efeito de estufa e na destruição da camada de ozono ao nível da estratosfera.

3.6.3 Análise da conformidade legal

Para o benzeno a legislação em vigor define um valor limite anual de 5 µg/m³, de cumprimento obrigatório desde 2010, cujo indicador é a média anual.

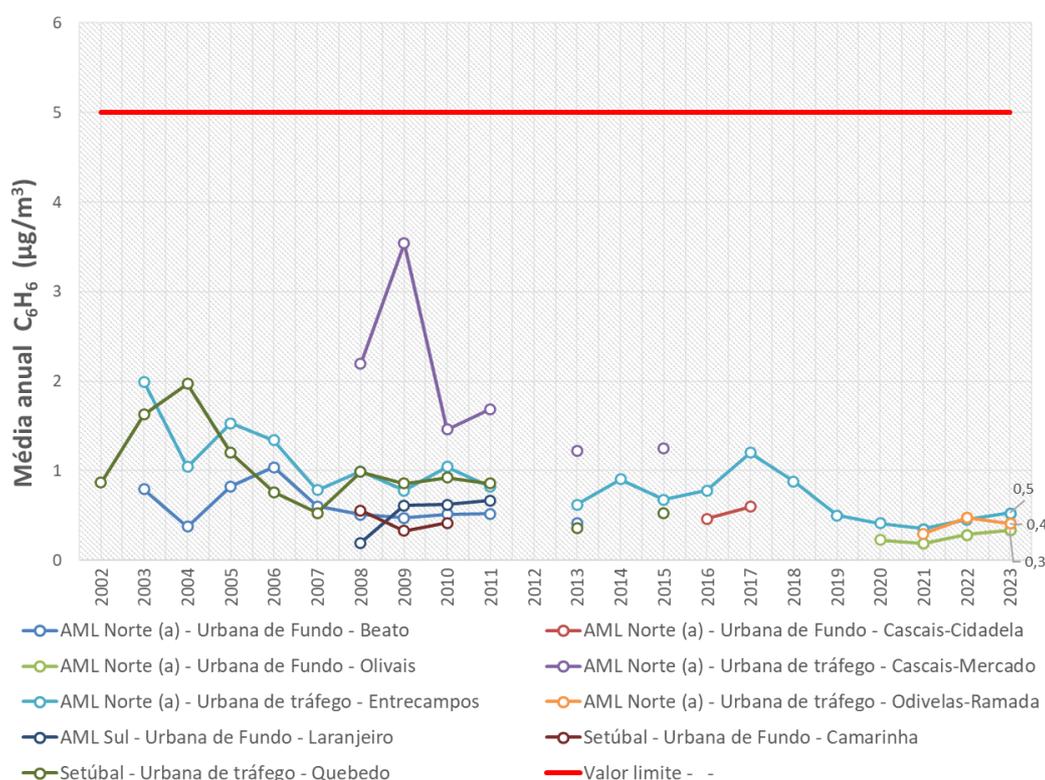
As três estações com dados deste poluente em 2023 (taxa de recolha superior a 30%) apresentaram uma média anual muito inferior ao limite legislado. As estações urbanas de tráfego de Entrecampos e Odivelas-Ramada apresentaram uma média anual um pouco superior, de 0,5 µg/m³ e 0,4 µg/m³, respetivamente, em relação à estação urbana de fundo dos Olivais com uma média de 0,3 µg/m³.

Na Figura 38 apresentam-se os resultados da média anual de C₆H₆, no período de 2002 a 2023, para as várias estações que obtiveram a percentagem de dados anual exigida pela legislação em vigor, sendo de referir que neste período os valores obtidos foram sempre muito inferiores ao VL.

Até 2011 o C_6H_6 foi monitorizado em oito estações da RMQA LVT, mas a partir de 2012, após um processo de reestruturação desta rede, este poluente passou a ser medido apenas em 4 estações. Nos últimos anos foram efetuadas novas alterações no conjunto de 4 estações que monitorizam este poluente, tendo sido iniciadas medições nas estações dos Olivais e de Odivelas e terminadas as medições nas estações do Beato e de Cascais-Cidadela.

A indisponibilidade de dados (eficiência inferior a 30% do ano), em vários anos, em algumas estações da RMQA, não permite ter uma ideia muito clara da tendência evolutiva das concentrações deste poluente. No entanto, analisando os resultados da estação de Entrecampos, que apresenta o histórico de dados mais consistente, parece haver alguma tendência de redução das concentrações médias anuais. Nos últimos anos os níveis nesta estação foram muito baixos e não apresentam uma variação relevante.

Figura 38. Evolução da média anual de C_6H_6



3.7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE 2023 FACE AOS OBJETIVOS DE QUALIDADE DO AR PROPOSTOS PARA 2030 E AOS VALORES RECOMENDADOS PELA OMS

Como parte integrante do Plano de Ação da UE para a Poluição Zero do ar em 2050, no quadro do Pacto Ecológico Europeu, a Comissão Europeia apresentou em 2022 uma proposta de revisão das duas diretivas relativas à qualidade do ar ambiente, que inclui normas mais exigentes do que as atuais para cumprimento já em 2030, a fim de as alinhar mais estreitamente com as novas recomendações da OMS,

publicadas em 2021, baseadas na mais recente investigação científica sobre os impactos da poluição atmosférica na saúde. Em fevereiro de 2024 o Conselho e o Parlamento Europeu chegaram a um acordo político provisório sobre esta proposta.

Na Tabela 3 é apresentada uma avaliação dos resultados obtidos em 2023 para as concentrações dos vários poluentes medidos nas estações de monitorização da RMQA LVT, face aos objetivos de qualidade do ar apresentados na proposta de revisão das diretivas de qualidade do ar ambiente, para cumprimento em 2030, comparativamente com as normas nacionais e europeias atuais.

Considerando que as normas de qualidade do ar propostas nesta nova diretiva deverão ser revistas regularmente, a fim de avaliar as possibilidades de alinhamento com as recentes orientações da OMS e com os dados científicos mais recentes, é ainda efetuada uma avaliação dos resultados obtidos em 2023 face aos valores guia de qualidade do ar recomendados pela OMS.

Em 2023, apesar da redução contínua das emissões de poluentes atmosféricos na AML, permanece ainda uma situação de incumprimento ao valor limite anual de NO₂ na estação da Avenida da Liberdade (localização representativa das áreas de maior densidade de construção e de tráfego rodoviário da cidade de Lisboa), prevendo-se que esta possa deixar de ocorrer em breve (1-2 anos), considerando as medidas de redução de emissões previstas e em curso.

Considerando a distância que separa os atuais níveis de qualidade do ar dos valores regulamentares propostos para 2030, apesar da prevista redução de emissões e da conseqüente melhoria da qualidade do ar, prevê-se que o cumprimento do valor limite anual (inferior em 50% ao atual) e do valor limite diário de NO₂, nas zonas de maior concentração de tráfego e de densidade de construção da cidade de Lisboa, sejam os maiores problemas da implementação da nova diretiva. Esta situação irá obrigar a um reforço significativo da implementação de medidas, principalmente associadas ao setor dos transportes e à mobilidade dos cidadãos na cidade de Lisboa e restante AML, que garantam uma redução muito significativa das emissões (> 50%) deste poluente.

É de notar que, em 2023, várias estações da RLVT registaram concentrações de NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀ e O₃ acima dos valores recomendados pela OMS, publicados em 2021. A situação é particularmente preocupante para o O₃, uma vez que todas as estações da RMQA LVT registaram níveis superiores aos dois valores guia definidos pela OMS, e também para o NO₂, poluente para o qual apenas as estações rurais de fundo cumprem os dois valores guia definidos pela OMS, ou seja, toda a população da região LVT, no caso do O₃, e toda a população urbana desta região, no caso do NO₂, respira um ar com níveis de poluentes superiores aos recomendados pela OMS para que não haja riscos para a saúde humana.

Os níveis de partículas PM₁₀ e PM_{2,5} observados em 2023 também não cumprem os valores guia recomendados pela OMS em algumas estações, no entanto, a diferença face a estes valores não é tão relevante e está em grande parte relacionada com a ocorrência de eventos naturais. A tendência de decréscimo das concentrações, que se tem observado e que se prevê que continue a ocorrer, muito relacionada com a redução de emissões associadas ao tráfego rodoviário, permite prever que será possível cumprir estas metas em breve nas zonas urbanas da RLVT (não considerando as situações de ocorrência de eventos naturais).

Tabela 3. Número de estações em ultrapassagem em 2023 aos objetivos de qualidade do ar da legislação atual, objetivos propostos para 2030 (nova diretiva) e valores recomendados pela OMS

		Regulamentação europeia e nacional atual		Nova diretiva UE (2030)		Recomendações da OMS (valores guia)	
		Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de estações em incumprimento /total de estações	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de estações em ultrapassagem /total de estações	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de estações em ultrapassagem /total de estações
NO ₂	Horário	200 ^a	0/24	200 ^b	0/24	200 ⁱ	0/24
	Diário			50 ^a	3/24	25 ^c	21/24
	Anual	40	1/24	20	4/24	10	21/24
PM ₁₀	Diário	50 ^d	0/21	45 ^a	0/21	45 ^c	1/21*
	Anual	40	0/21	20	2/21*	15	16/21**
PM _{2,5}	Diário			25 ^a	0/9	15 ^c	8/9***
	Anual	25	0/9	10	0/9	5	5/9***
O ₃	Max diário 8horas	120 ^e	0/18	120 ^a	1/18	100 ^c	18/18
	AOT40	18 000	0/18	18 000	0/18		
	Pico sazonal ^h					60	18/18
CO	Horário					30 000 ⁱ	0/8
	Max diário 8horas	10 000 ^e	0/8	10 000 ^e	0/8	10 000	0/8
	Diário			4 000 ^a	0/8	4 000 ^c	0/8
SO ₂	Horário	350 ^g	0/12	350 ^b	0/12		
	Diário	125 ^f	0/12	50 ^a	0/12	40 ^c	0/12
C ₆ H ₆	Anual	5	0/3	3,4	0/3	1,7 ⁱ	0/3

^a Permitidas 18 horas ou dias em ultrapassagem no ano

^b Permitida apenas uma ultrapassagem do ano

^c Permitidos 3-4 dias em ultrapassagens no ano

^d Permitidos 35 dias em ultrapassagem no ano

^e Permitidos 25 dias em ultrapassagem no ano

^f Permitidos 3 dias em ultrapassagem no ano

^g Permitidas 24 horas em ultrapassagem no ano

^h Média dos máximos diários das médias de 8horas nos seis meses consecutivos com as médias mais altas. Foram considerados os meses de abril a setembro.

ⁱ Limites que não foram revistos em 2021

*0 estações descontando os eventos naturais

** 6 estações em ultrapassagem descontando os eventos naturais

*** Não foram testados os descontos dos eventos naturais

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA, FCT/UNL, (2024). Identificação e avaliação da ocorrência de eventos naturais em Portugal em 2023 – Relatório Anual. Agência Portuguesa do Ambiente. setembro de 2024. Disponível em: <https://apambiente.pt/ar-e-ruído/relatorios-de-eventos-naturais>

CCDR LVT; Barros, Nelson, (2023). Modelação do impacto da variação inter-anual das condições meteorológicas na qualidade do ar na região de Lisboa - 2002 a 2022. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. agosto de 2023.

CCDR LVT, FCT/UNL, UFP, (2022). Inventário de Emissões Atmosféricas da Região de Lisboa e Vale do Tejo 2015-2020, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. setembro de 2022.

EEA (European Environment Agency), (2022) Health impacts of air pollution in Europe, 2022, Disponível em <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), (2023). Boletim Sazonal – Verão 2023. Portugal Continental, 2023, Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20231020/GVxZLnQxfBxbRvsKYzmV/cli_20230601_20230831_pcl_sz_co_pt.pdf

Anexo I - Objetivos de qualidade do ar (D.L. n.º 102/2010, de 23 de setembro)

Definições

AOT40	Indicador de exposição cumulativa e a longo prazo da vegetação ao ozono, expresso em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por hora. AOT40 é a soma da diferença entre as concentrações horárias superiores a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 partes por bilião) e o valor $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ num determinado período, utilizando apenas os valores horários medidos diariamente entre as 8 e as 20 horas, (hora da Europa Central), no período de maio a julho.
Limiar de alerta	Um nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana da população em geral e a partir do qual devem ser adotadas medidas imediatas, segundo as condições constantes na legislação em vigor.
Limiar de informação	Um nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana de grupos particularmente sensíveis da população, a partir do qual é necessária a divulgação imediata de informações adequadas.
Média de 8 horas consecutivas	Valor médio calculado com base em oito valores horários, a partir de dados horários e atualizado hora a hora; cada média de oito horas deve ser atribuída ao dia que termina, ou seja, o primeiro período de cálculo para um dado dia será o período decorrido entre as 17 horas do dia anterior e a 1 hora desse dia; o último período de cada dia será o período entre as 16 e as 24 horas desse dia.
Nível crítico	Um nível fixado com base em conhecimentos científicos, acima do qual podem verificar-se efeitos nocivos diretos em recetores como árvores, outras plantas ou ecossistemas naturais, mas não em seres humanos.
Objetivo de 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.
Taxa de eficiência	Relação entre o número de médias validadas num determinado período e o número total de médias possíveis nesse período.
Valor alvo	Um nível fixado com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e ou no ambiente, a atingir, na medida do possível, durante um determinado período de tempo.
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 ou no ambiente, a atingir num prazo determinado e que, quando atingido, não deve ser excedido.
Valor médio diário	Média de pelo menos 18 valores médios horários (75% das médias horárias do dia)
Valor médio horário	Média calculada com base nas concentrações de 15 minutos, sendo requerida uma taxa mínima de recolha de dados de 75%.

Valores Regulamentares

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data entrada em vigor	Valor (nº de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e Modo de cálculo
Dióxido de azoto (NO ₂)	Limiar de alerta para proteção da saúde humana	16 de abril de 2002	400 µg/m ³	Uma hora	Três horas consecutivas em excedência, em localizações representativas de uma área mínima de 100 km ² ou na totalidade de uma zona ou aglomeração, consoante a que for menor.
	Valor limite horário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	200 µg/m ³ (18 excedências permitidas)	Uma hora	N.º de horas em excedência num ano civil e 19º Máximo horário, calculados a partir das médias horárias num ano civil
	Valor limite anual para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	40 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias
Óxidos de azoto (NO _x)	Nível crítico para proteção da vegetação	16 de abril de 2002	30 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias
Partículas (PM ₁₀)	Valor limite anual para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	40 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias diárias
	Valor limite diário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	50 µg/m ³ (35 excedências permitidas)	Um dia	N.º de dias em excedência num ano civil e 36º Máximo diário, calculados a partir das médias diárias num ano civil
Partículas (PM _{2,5})	Valor alvo para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	25 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias diárias
	Valor limite anual para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2015	25 µg/m ³		
Monóxido de Carbono (Co)	Valor limite para proteção da saúde humana	16 de abril de 2002	10 mg/m ³	Média máxima por períodos de 8 horas	N.º dias em que a média diária máxima de 8 horas excedeu o valor-limite
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Limiar de alerta para proteção da saúde humana	16 de abril de 2002	500 µg/m ³	Uma hora	Três horas consecutivas em excedência, em localizações representativas de uma área mínima de 100 km ² ou na totalidade de uma zona ou aglomeração, consoante a que for menor.
	Valor limite diário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	125 µg/m ³ (3 excedências permitidas)	Um dia	N.º de dias em excedência num ano civil e 4º Máximo diário, calculados a partir das médias diárias

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data entrada em vigor	Valor (n.º de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e Modo de cálculo
					num ano civil
	Valor limite horário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	350 µg/m ³ (24 excedências permitidas)	Uma hora	N.º de horas em excedência num ano civil e 25º Máximo horário, calculados a partir das médias horárias num ano civil
	Nível crítico para proteção da vegetação	16 de abril de 2002	20 µg/m ³	Ano civil e Inverno (1 de outubro a 31 de março do ano seguinte)	Média anual, calculada a partir das médias horárias
Ozono (O₃)	Limiar de alerta para proteção da saúde humana	2004	240 µg/m ³	Uma hora	N.º de horas em excedência num ano civil
	Limiar de informação para proteção da saúde humana	2004	180 µg/m ³		
	Objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana	Não definido	120 µg/m ³ (0 excedências permitidas)	Média máxima por períodos de 8 horas	N.º dias em que a média diária máxima de 8 horas ultrapassou o objetivo de longo prazo num ano civil
	Valor alvo para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	120 µg/m ³ (25 excedências permitidas em média, por ano civil, num período de três anos)		N.º de dias em excedência e 26º Máximo diário das médias octo-horárias, calculadas por períodos consecutivos de oito horas
	Objetivo de longo prazo para proteção da vegetação	Não definido	6000 µg/m ³ .h	1 de maio a 31 julho	AOT40, calculado com base nos valores horários
	Valor Alvo para proteção da vegetação	1 de janeiro de 2010	18 000 µg/m ³ .h em média, num período de cinco anos		
Benzeno (C₆H₆)	Valor limite para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	5 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias

Anexo II – Taxa de recolha de dados da Rede de monitorização da qualidade do ar da CCDR LVT, I.P. em 2023

Zona	Tipo de Estação	Concelho	Designação	Taxa de recolha de dados (%)						
				NO ₂	PM ₁₀	O ₃	CO	SO ₂	PM _{2,5}	C ₆ H ₆
Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	Urbana de Fundo	Amadora	Reboleira	97	95	94				
		Cascais	Cascais-Cidadela	95	84	92				
		Lisboa	Beato	89		90		90		
			Olivais	99	98	99	97	98	99	75
			Restelo	98	0	99				
		Loures	Loures-Centro	87	87	86				
		Oeiras	Quinta do Marquês	87	99	98				
		Sintra	Mem-Martins	99	98	93		99	98	
	Vila Franca de Xira	Alverca	99	88	98		98			
	Urbana de Tráfego	Lisboa	Avenida da Liberdade	100	97		99			
			Entrecampos	100	98	90	100	94	92	99
			Sta. Cruz Benfica	94	95		92			
		Odivelas	Odivelas-Ramada	97	97		100			99
Área Metropolitana de Lisboa Sul (a)	Suburbana Industrial	Seixal	Paio Pires	97	99	95		100	94	
	Urbana Industrial	Barreiro	Lavradio	87	99			100		
	Urbana de Fundo	Barreiro	Escavadeira	98	98	92		99		
			Fidalguinhos	96	0			92		
	Almada	Laranjeiro	99	99	98	95		98		
Setúbal (a)	Urbana de Fundo	Setúbal	Arcos	100	99	98	97			
			Camarinha	85	90	85		65		
	Urbana de Tráfego		Quebedo	70	95		89	95		0
Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	Rural de Fundo	Chamusca	Chamusca	98	95	98		94	91	
		Lourinhã	Lourinhã	92	80	96			77	
		Palmela	Fernando Pó	99	98	98		99	95	

Nota: (a) aglomeração