Avaliação da Qualidade do Ar Ambiente na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2025

setembro 2026



Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P.

Título	Avaliação da Qualidade do Ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2025
Data	Setembro 2026
Autoria	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P. Luísa Nogueira Sandra Mesquita
ISBN	978-989-9203-20-4

Resumo

A avaliação realizada com base nos dados registados na Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDR LVT, I.P., indica que a qualidade do ar na região de Lisboa e Vale do Tejo registou uma melhoria em 2025, confirmando a tendência de redução da poluição atmosférica observada nas últimas décadas.

Em 2025, foram cumpridos todos os valores limite e outros objetivos de qualidade do ar estabelecidos na legislação atual para os vários poluentes monitorizados. Destaca-se o dióxido de azoto (NO_2), associado principalmente às emissões do tráfego rodoviário, para o qual deixou de se verificar a situação de incumprimento que persistia na estação da Avenida da Liberdade, em Lisboa. Este é um marco importante na evolução da qualidade do ar na região, uma vez que se tratava da única situação de incumprimento das normas legais em vigor, consolidando a tendência de redução das concentrações observada nas últimas duas décadas.

No entanto, a média anual de NO_2 registada nesta estação foi de 40 $\mu g/m^3$, correspondendo exatamente ao valor limite anual atualmente aplicável. Embora este resultado cumpra a legislação em vigor, a reduzida margem face ao limiar de incumprimento constitui um motivo de preocupação, evidenciando a necessidade de manter um acompanhamento atento da evolução das concentrações deste poluente numa das zonas de tráfego mais intenso da cidade.

Também para as partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$), o dióxido de enxofre (SO_2), o monóxido de carbono (CO) e o benzeno (C_6H_6), os níveis registados mantiveram-se bastante inferiores aos limites legais. No caso das partículas PM_{10}, ocorreram apenas alguns episódios pontuais de concentrações mais elevadas associados sobretudo ao transporte natural de poeiras provenientes do Norte de África.

Relativamente ao ozono (O_3), não se registaram ultrapassagens ao valor alvo para proteção da saúde humana, situação que se mantém desde 2019. Ainda assim, verificaram-se alguns episódios de concentrações elevadas durante os meses de verão, associados a condições meteorológicas favoráveis à formação deste poluente.

Apesar dos resultados positivos, persistem desafios importantes. A nova Diretiva Europeia da Qualidade do Ar estabelece, para 2030, limites mais exigentes, próximos dos valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde. A avaliação efetuada indica que deverão continuar a existir dificuldades no cumprimento dos futuros valores limite para o NO_2, particularmente em zonas de tráfego intenso da cidade de Lisboa, exigindo a adoção de medidas adicionais de redução de emissões.

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

C_6H_6 - Benzeno

CO - Monóxido de Carbono

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

NO_2 - Dióxido de Azoto

NO_X - Óxidos de Azoto

O_3 - Ozono

PM_{10} - Partículas em Suspensão PM_{10}

$PM_{2,5}$ - Partículas em Suspensão $PM_{2.5}$

SO_2 - 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 2

ACRÓNIMOS, UNIDADES E SÍMBOLOS 3

ÍNDICE 4

ÍNDICE DE FIGURAS 6

1. INTRODUÇÃO 10

2. REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR 12

3. RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR 15

3.1 ÓXIDOS DE AZOTO (NO_2 E NO_x) 15

3.1.1 Origem e emissões do poluente 15

3.1.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 18

3.1.3 Análise da conformidade legal do NO_2 - Proteção da saúde humana 18

3.1.4 Análise da conformidade legal do NO_x - Proteção da vegetação 23

3.2 PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO (PM10 E PM2,5) 24

3.2.1 Origem e emissões do poluente 24

3.2.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 26

3.2.3 Análise da conformidade legal das partículas PM10 26

3.2.4 Análise da conformidade legal das partículas PM2,5 33

3.3 MONÓXIDO DE CARBONO (CO) 35

3.3.1 Origem e emissões do poluente 35

3.3.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 36

3.3.3 Análise da conformidade legal 37

3.4 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO_2) 38

3.4.1 Origem e emissões do poluente 38

3.4.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente 40

3.4.3 Análise da conformidade legal - Proteção da saúde humana 40

3.4.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação ... 43

3.5 OZONO (O_3) ... 43

3.5.1 Origem do poluente ... 43

3.5.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente ... 44

3.5.3 Análise da conformidade legal – Proteção da saúde humana ... 45

3.5.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação ... 51

3.6 BENZENO (C_6H_6) ... 53

3.6.1 Origem do poluente ... 53

3.6.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente ... 53

3.6.3 Análise da conformidade legal ... 54

3.7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS FACE À REGULAMENTAÇÃO EUROPEIA PARA 2030 E AOS VALORES RECOMENDADOS PELA OMS ... 55

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ... 59

ANEXO I - NORMAS DE QUALIDADE DO AR (D.L. N.º 102/2010, DE 23 DE SETEMBRO) ... 61

ANEXO II – TAXA DE RECOLHA DE DADOS DA REDE DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DA CCDR LVT, I.P. EM 2024 ... 64

Índice de figuras

Figura 1. Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDRLVT, I.P. 13

Figura 2. Estimativa de emissões de NOx, por sector de atividade (2019) 16

Figura 3. Ciclo diário das concentrações médias horárias de NO_2 nas estações da RLVT 17

Figura 4. Variação da média anual de NO_2, em relação à média de todos os anos, causada pela variação dos parâmetros meteorológicos 18

Figura 5. Avaliação da conformidade legal do poluente NO_2 para a proteção da saúde humana em 2025 20

Figura 6. Evolução da média anual de NO_2 nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona) 21

Figura 7. Evolução do 19º máximo horário de NO_2 nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona) 22

Figura 8. Mapa da evolução das concentrações de NO_2 nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos valores limite 23

Figura 9. Evolução da média anual de NOx nas estações rurais de fundo da RMQA LVT 24

Figura 10. Estimativa de emissões de PM_{10}, por sector de atividade (2019) 25

Figura 11. Concentrações médias diárias de PM_{10} nas estações da RMQA LVT em 2025 27

Figura 12. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{10} em 2025, para o valor limite anual, para a proteção da saúde humana 29

Figura 13. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{10} em 2025, para o valor limite diário, para a proteção da saúde humana 30

Figura 14. Evolução do 36.º máximo diário de PM_{10} nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais 32

Figura 15. Evolução da média anual de PM_{10} nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais 32

Figura 16. Mapa da evolução das concentrações de partículas PM_{10} nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos valores limite 33

Figura 17. Avaliação da conformidade legal do poluente $PM_{2,5}$, em 2025, para o valor limite para a proteção da saúde humana 34

Figura 18. Evolução da média anual para as partículas $PM_{2,5}$ 35

Figura 19. Estimativa de emissões de CO por sector de atividade (2019) 36

Figura 20. Ciclo diário das concentrações médias horárias de CO nas estações urbanas da RMQA LVT 36

Figura 21. Avaliação da conformidade legal do poluente CO em 2025, para o valor limite para a proteção da saúde humana *37*

Figura 22. Evolução do máximo diário das médias de 8 horas para o CO nas aglomerações da RLVT (valor máximo das estações de cada aglomeração) *38*

Figura 23. Estimativa de emissões de SO_2, por sector de atividade (2019) *39*

Figura 24. Avaliação da conformidade legal do poluente SO_2 em 2025, para a proteção da saúde humana *41*

Figura 25. Evolução do 4º máximo diário de SO_2 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona) *42*

Figura 26. Evolução do 25º máximo horário de SO_2 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona) *42*

Figura 27. Evolução da média anual e de inverno de SO_2 nas estações rurais de fundo *43*

Figura 28. Ciclo diário das concentrações de NO, NO_2 e O_3 nas estações urbanas de fundo de Lisboa *44*

Figura 29. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 em 2025, para o valor alvo, para a proteção da saúde humana *46*

Figura 30. Avaliação do objetivo de longo prazo para o O_3, para a proteção da saúde humana, em 2025 ..... *47*

Figura 31. Evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas (valor alvo) para o O_3 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona) *49*

Figura 32. Mapa da evolução das concentrações de O_3 para a proteção da saúde humana, nos últimos 5 anos, nas estações da RMQA LVT, expressas em percentagem do valor alvo *50*

Figura 33. Evolução do nº de dias e n.º de horas em ultrapassagem ao limiar de informação de O_3 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona) *51*

Figura 34. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 para a proteção da vegetação em 2025 ..... *52*

Figura 35. Evolução do AOT40 de O_3 ..... *52*

Figura 36. Ciclo diário das concentrações de C_6H_6 e NO_2 nas estações de Entrecampos, Olivais e Odivelas *53*

Figura 37. Evolução da média anual de benzeno *55*

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Na região de Lisboa e Vale do Tejo (RLVT), a qualidade do ar tem sido uma das principais preocupações ambientais, sobretudo nas zonas urbanas, onde se concentram as maiores fontes de poluição e onde a população está mais exposta a níveis elevados de poluentes.

Nas últimas duas décadas, registou-se uma melhoria significativa da qualidade do ar na região, refletindo os efeitos das políticas de redução de emissões implementadas a nível europeu, nacional e local. Apesar desta evolução positiva, persistem ainda problemas em áreas de elevada densidade urbana e de tráfego rodoviário mais intenso, especialmente na cidade de Lisboa, onde o dióxido de azoto (NO_2) continua a apresentar níveis muito próximos do valor limite anual para proteção da saúde humana.

Para assegurar a avaliação contínua 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 uma Rede de Monitorização da Qualidade do Ar (RMQA) constituída por 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".

A avaliação efetuada nestas estações segue os critérios definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua redação atual, relativo à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, que atribui às CCDR competências nesta matéria, sendo monitorizados os poluentes dióxido de azoto (NO_2), óxidos de azoto (NO_x), dióxido de enxofre (SO_2), ozono (O_3), partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$, monóxido de carbono (CO) e benzeno (C_6H_6), para os quais a regulamentação nacional define objetivos de qualidade que não devem ser ultrapassados num determinado período de tempo, estando estes relacionados com os respetivos efeitos na saúde humana e nos ecossistemas.

O presente relatório apresenta o diagnóstico da qualidade do ar ambiente em 2025 para as quatro zonas da RLVT, com base nos resultados obtidos para os poluentes monitorizados na RMQA. É avaliada a conformidade legal dos níveis observados com os valores regulamentares aplicáveis à proteção da saúde humana e à proteção da vegetação, fixados no diploma acima referido, e analisada a evolução das concentrações entre 2001 e 2025.

Atendendo à publicação, em outubro de 2024, da Diretiva (UE) 2024/2881 do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa, que introduz objetivos de qualidade do ar mais exigentes para um conjunto de poluentes e mais harmonizados com as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), o relatório inclui ainda uma análise prospetiva dos resultados obtidos na RMQA face aos futuros requisitos legais. Para o efeito é analisado o número de estações da RMQA LVT que, no período de 2023 a 2025, registaram concentrações superiores aos novos valores limite europeus que terão de ser cumpridos em 2030 e aos valores guia da OMS para os principais poluentes atmosféricos, permitindo identificar os desafios que a região enfrentará nos próximos anos em matéria de melhoria da qualidade do ar.

.

REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

2. REDE DE ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

As estações de monitorização da RMQA LVT estão localizadas maioritariamente em áreas urbanas da região e encontram-se distribuídas por locais representativos de diferentes tipos de ambientes: rurais, suburbanos e urbanos. Estas estações apresentam três tipologias distintas, dependentes das emissões dominantes nas zonas onde se encontram instaladas, de modo a representarem diferentes tipos de exposição da população aos poluentes atmosféricos:

- Tráfego: Estações próximas de vias com tráfego intenso, avaliam a exposição máxima da população às emissões rodoviárias. Esta exposição é, regra geral, de curta duração, mas os níveis de poluição observados são normalmente elevados;
- Fundo: Estações afastadas de fontes diretas de poluição, representam a qualidade do ar ambiente a que a população está exposta durante períodos mais prolongados, sendo representativas de uma vasta área na sua envolvente;
- Industriais: Estações situadas na proximidade de zonas industriais ou influenciadas pelas respetivas emissões. Avaliam concentrações de poluentes de origem industrial às quais a população pode estar pontualmente exposta.

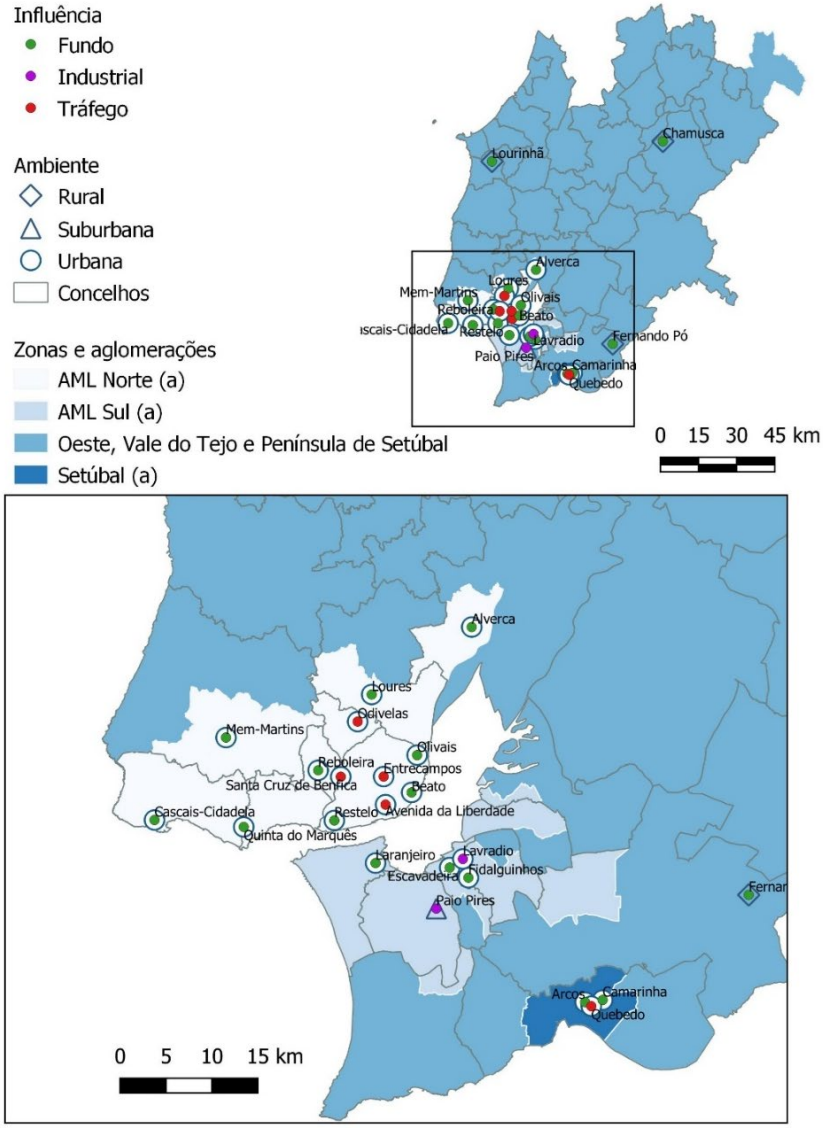
As duas estações industriais da RMQA LVT localizam-se na Área Metropolitana de Lisboa Sul, próximas das zonas industriais dos concelhos do Barreiro e do Seixal (zona industrial de Paio Pires).

As três estações rurais de fundo situam-se na zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal, permitindo avaliar a poluição regional de fundo e o impacto de poluentes secundários, como o O_3. As concentrações dos poluentes, registadas nas estações rurais de fundo, têm normalmente origem natural ou resultam do transporte de massas de ar a longa distância à escala regional.

Em 2025, a RMQA LVT integrou 24 estações de monitorização. Em julho desse ano verificou-se o encerramento da estação dos Fidalguinhos, localizada no concelho do Barreiro, devido a indisponibilidade do local onde a mesma se encontrava instalada.

A Figura 1 apresenta a distribuição geográfica das estações da RMQA LVT por tipologia.

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



RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR

3. RESULTADOS DA QUALIDADE DO AR

Neste capítulo, apresenta-se a avaliação da conformidade legal das concentrações dos poluentes NO_2 e NO_x, partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$, CO, SO_2, O_3 e C_6H_6, registadas nas estações da RMQA LVT em 2025, face aos 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 encontram-se disponíveis no *site* 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 2001-2025.

A verificação do cumprimento dos objetivos de qualidade do ar para proteção da vegetação, aplicáveis aos poluentes SO_2, NO_x e O_3, é efetuada exclusivamente com base nos resultados das estações rurais de fundo da Chamusca, Lourinhã e Fernando Pó. Estas são as únicas estações da RMQA LVT que cumprem os critérios de localização previstos na legislação para esta finalidade, uma vez que estes objetivos se aplicam apenas a áreas situadas a mais de 20 km de aglomerações e a mais de 5 km de outras zonas urbanizadas, instalações industriais ou vias principais com tráfego superior a 50 000 veículos/dia.

O presente capítulo inclui ainda uma análise da evolução das concentrações dos poluentes acima referidos no período compreendido entre 2001 e 2025, suportada pela representação gráfica dos indicadores que permitem a avaliação da conformidade legal destes poluentes.

Para todos os poluentes são representados graficamente apenas os resultados das estações da RMQA LVT que, em cada ano, apresentaram uma taxa de recolha de dados igual ou superior a 85%, com exceção do benzeno, para o qual são consideradas as estações com uma taxa mínima de 35%. Estas são as percentagens mínimas 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 2025 nas estações da RMQA LVT apresenta-se no Anexo II.

No último subcapítulo é ainda apresentada uma avaliação do número de estações que, nos anos de 2023, 2024 e 2025, ultrapassaram as normas definidas na Diretiva (UE) 2024/2881, de 23 de outubro de 2024, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa, para cumprimento em 2030, e os valores guia recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), considerando a atualização efetuada para os poluentes NO_2, SO_2, O_3, partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$ e CO, em 2021.

3.1 ÓXIDOS DE AZOTO (NO_2 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 compostos de maior interesse para a qualidade do ar são o monóxido de azoto (NO) e o dióxido de azoto (NO_2), embora apenas este último seja objeto de regulamentação.

O NO_2 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 resultam principalmente da combustão de combustíveis fósseis a altas temperaturas. As principais fontes antropogénicas destes compostos são as centrais termoelétricas, os transportes rodoviários e outros meios de

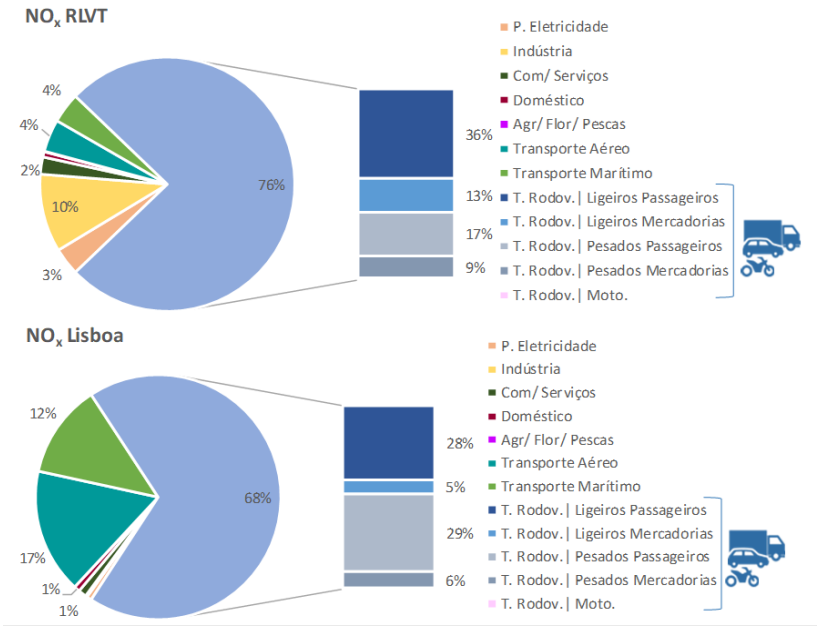
transporte, bem como alguns processos industriais, como a indústria química de produção de fertilizantes azotados. Entre as fontes naturais de NO_x destacam-se as trovoadas e os incêndios florestais.

Em áreas urbanas a principal fonte de NO_x são os veículos automóveis, o que faz com que as concentrações deste poluente acompanhem geralmente as variações do tráfego rodoviário. A maioria das emissões de NO_x pelos veículos ocorre sob a forma de NO, sendo este posteriormente convertido em NO_2 por reação com o oxigénio (O_2) ou com o O_3 presentes na atmosfera. A oxidação do NO pelo O_2 é uma reação lenta, permitindo que o NO permaneça na atmosfera durante períodos prolongados. Em contraste, a reação com o O_3 é rápida, sendo a sua taxa de transformação dependente das concentrações destes compostos na atmosfera.

A Figura 2 apresenta 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, o tráfego rodoviário é responsável por cerca de 76% das emissões totais de NOx, seguido pelos setores da Indústria e Construção, que contribuem com 10%.

O peso do transporte rodoviário é um pouco menor (68%), destacando-se aqui também o transporte aéreo e o transporte marítimo, com 17% e 12% das emissões, respetivamente. No 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 NOx, por sector de atividade (2019)

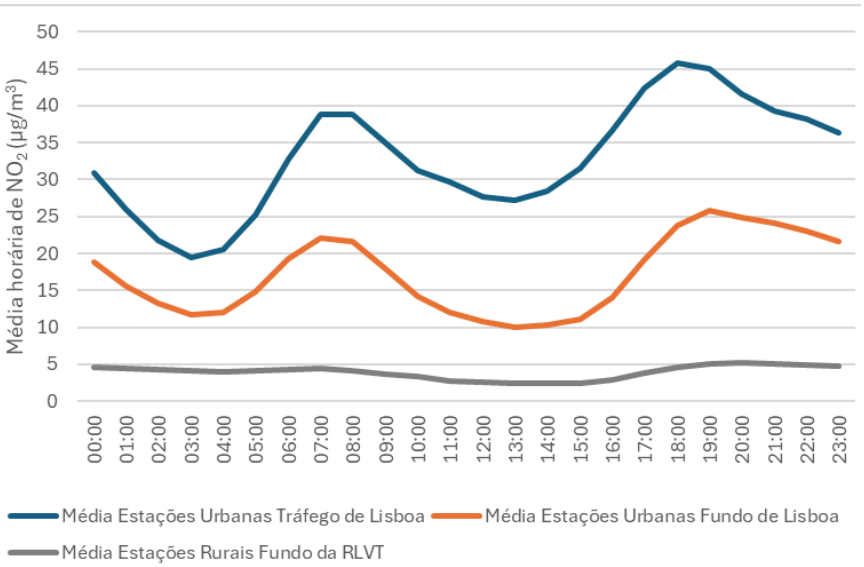


Fonte: CCDR-LVT *et al.* (2022)

A variação das concentrações de NOx nas estações da RMQA LVT depende não apenas da variabilidade das emissões atmosféricas, mas também das condições meteorológicas que influenciam os processos de dispersão, transporte e acumulação dos poluentes.

Em meio urbano os NOx apresentam tipicamente dois máximos diários, coincidindo com os períodos de maior intensidade de tráfego da manhã e do final da tarde. A Figura 3, que representa o ciclo diário das concentrações de NO_2 nas diferentes tipologias de estações da RMQA LVT, evidencia claramente a influência das emissões do tráfego rodoviário na variação deste poluente, observando-se as concentrações mais elevadas nas estações localizadas em zonas de maior tráfego rodoviário.

Figura 3. Ciclo diário das concentrações médias horárias de NO_2 nas estações da RLVT



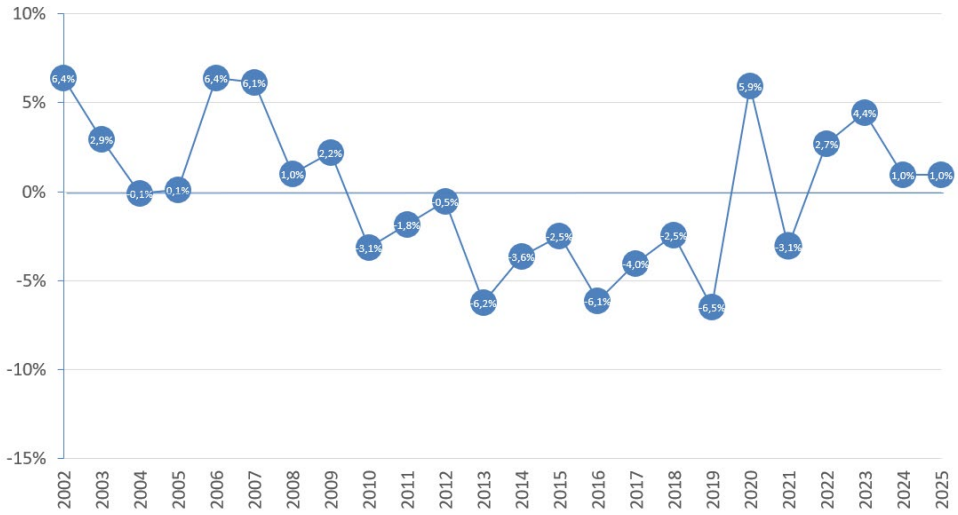
À escala anual, as concentrações de NOx tendem a ser mais elevadas no período de Outono-Inverno, caracterizado por maiores emissões deste poluente e por condições meteorológicas menos favoráveis à sua dispersão.

Com o objetivo de avaliar os efeitos da variabilidade meteorológica nas concentrações anuais de NO_2 na cidade de Lisboa, têm vindo a ser realizados exercícios anuais de modelação atmosférica (CCDR LVT e Barros, 2025). Nestes exercícios, efetuados para o período de 2002 a 2025, consideraram-se as características físicas da região de Lisboa e emissões constantes para todos os anos e para os vários poluentes atmosféricos, sendo os fatores meteorológicos as únicas variáveis introduzidas no modelo.

Os resultados indicam que a variabilidade meteorológica pode provocar diferenças de cerca de ± 6% nas concentrações médias anuais de NO_2. Conforme ilustrado na Figura 4, o ano de 2006 foi, meteorologicamente, o mais desfavorável do período analisado, com um acréscimo estimado de cerca de 6,4 % na concentração média anual de NO_2 relativamente à média dos vários anos. Por outro lado, 2019 apresentou as condições meteorológicas mais favoráveis à dispersão dos poluentes, com uma redução estimada de cerca de 6,5%.

Mais recentemente, os anos de 2020, 2022, 2023, 2024 e 2025 revelaram condições globalmente desfavoráveis à dispersão de poluentes, ao contrário de 2018, 2019 e 2021 que registaram condições meteorológicas relativamente favoráveis, quando comparados com um ano médio.

Figura 4. Variação da média anual de NO_2, 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 NO_2 em concentrações elevadas pode causar efeitos adversos que vão desde a irritação dos olhos e garganta até à afetação das vias respiratórias, incluindo diminuição da capacidade respiratória, dores no peito, edema pulmonar e danos no sistema nervoso central e nos tecidos. Alguns destes efeitos são de manifestação retardada, não ocorrendo durante ou imediatamente após a exposição.

Os grupos mais sensíveis, como crianças, pessoas asmáticas e 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 participam na formação do ozono troposférico. O NO_2 é também a principal fonte de nitratos, que constituem uma fração importante das partículas $PM_{2,5}$.

Os NOx contribuem ainda para fenómenos como a acidificação (chuva ácida), a eutrofização de massas de água e a destruição da camada de ozono estratosférico, além de desempenharem um papel no agravamento do efeito de estufa.

3.1.3 Análise da conformidade legal do NO_2 - Proteção da saúde humana

Para o NO_2 a legislação em vigor estabelece, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário (VLH) de 200 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 18 vezes no ano, e um valor limite anual (VLA) de 40 µg/m^3.

Embora ambos os valores sejam de cumprimento obrigatório desde 1 de janeiro de 2010, a Diretiva 2008/50/CE, de 21 de maio, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa, previu a possibilidade de os Estados-Membros solicitarem o adiamento do prazo de cumprimento dos valores-limite de NO_2 por um período

máximo de cinco anos, mediante a demonstração de determinadas condições e após apreciação pela Comissão Europeia (CE).

Neste contexto, Portugal submeteu, em 2011, um pedido de prorrogação do prazo de cumprimento dos valores-limite para a aglomeração da Área Metropolitana de Lisboa Norte (AML Norte). A Comissão Europeia aprovou apenas a prorrogação relativa ao valor-limite horário, pelo que o respetivo cumprimento passou a ser obrigatório nesta aglomeração apenas a partir de 1 de janeiro de 2015.

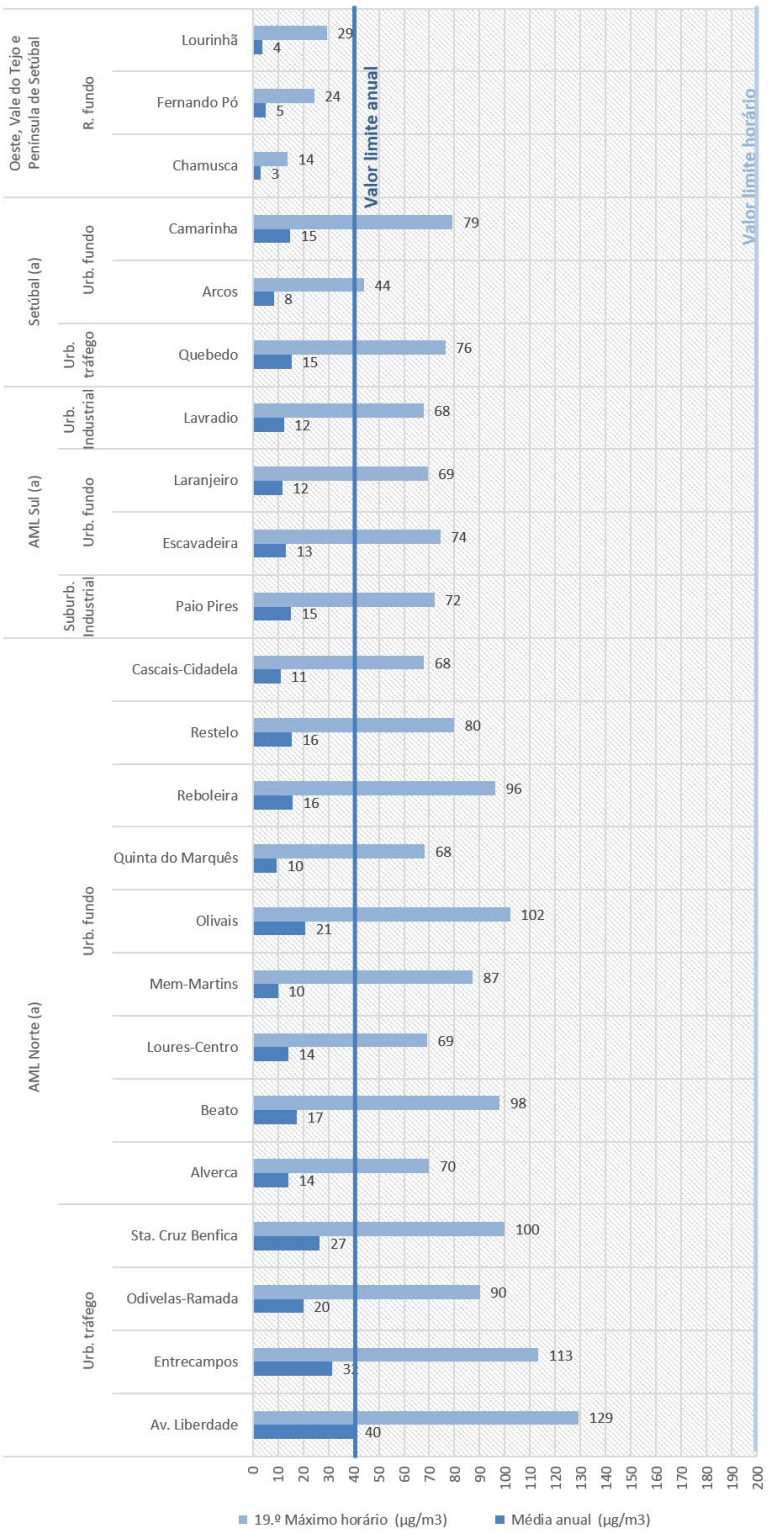
Para este poluente está ainda definido um limiar de alerta horário, de 400 µg/m^3, medido em três horas consecutivas.

A Figura 5 apresenta a média anual e o 19.º máximo horário de NO_2 registados nas estações da RMQA LVT em 2025. Estes indicadores permitem avaliar o cumprimento do VLA e do VLH, respetivamente, para proteção da saúde humana.

Em 2025 os valores mais elevados de NO_2 continuaram a observar-se nas estações urbanas de tráfego da AML Norte, tendo-se verificado, pela primeira vez, excluindo os anos da pandemia, o cumprimento do VLA deste poluente em todas as estações da região. Na estação da Avenida da Liberdade foi registado uma média anual de 40 µg/m^3, correspondendo exatamente ao valor limite anual atualmente aplicável. Embora este resultado cumpra a legislação em vigor, a reduzida margem face ao valor de incumprimento constitui um motivo de preocupação.

Verificou-se igualmente o cumprimento do VLH em todas as estações da RLVT, não se tendo registado mais de 18 excedências ao valor de 200 µg/m^3, em nenhuma estação.

Figura 5. Avaliação da conformidade legal do poluente NO_2 para a proteção da saúde humana em 2025



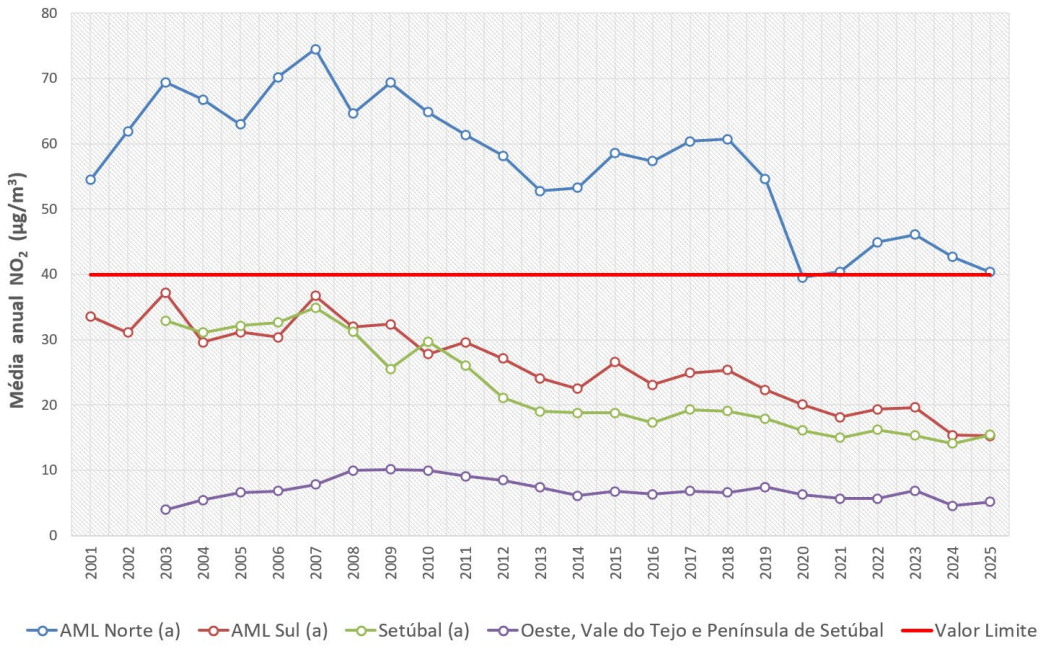
A Figura 6 apresenta a evolução da média anual de NO_2 nas diferentes zonas da RLVT. Entre 2009 e 2013 observou-se uma tendência de redução das concentrações em todas as zonas, refletindo possivelmente os efeitos da crise económica e a consequente diminuição da atividade económica e da circulação rodoviária. Contudo, nos anos seguintes, esta tendência inverteu-se, em parte devido à retoma económica, que levou a um aumento da utilização do transporte individual nas deslocações diárias. Adicionalmente, os veículos a diesel introduzidos no mercado durante esse período não apresentaram, em condições reais de circulação, as reduções de emissões de NO_2 inicialmente previstas, contribuindo para a manutenção de níveis elevados deste poluente.

Desde 2001, a média anual de NO_2 tem sido o indicador mais preocupante, devido à ultrapassagem sistemática do VLA em zonas de tráfego intenso da AML Norte, com destaque para a estação da Avenida da Liberdade, em Lisboa. Nesta estação, os valores observados entre 2001 e 2019 foram consistentemente muito superiores ao VLA, evidenciando uma situação crónica de poluição atmosférica no centro da cidade.

Os anos de 2020 e 2021, marcados pelas restrições à mobilidade associadas à pandemia de COVID-19, foram os primeiros em que não se verificou a ultrapassagem ao VLA de NO_2 nesta estação. Com a retoma gradual da atividade económica em 2022 e 2023, particularmente nos sectores do turismo e do comércio e serviços, e com o consequente aumento do tráfego rodoviário em circulação na zona central da cidade, os níveis de NO_2 voltaram a aumentar, ultrapassando novamente o VLA. Ainda assim, observou-se uma redução significativa face a 2019.

Nos anos de 2023 a 2025 verificou-se uma nova tendência de redução das concentrações de NO_2, culminando, em 2025, com o cumprimento do valor-limite anual em todas as estações da RMQA LVT. Este resultado assume particular relevância, uma vez que corresponde ao primeiro ano, excluindo o período atípico associado à pandemia, em que se verificou o cumprimento deste objetivo legal em todas as estações da rede.

Figura 6. Evolução da média anual de NO_2 nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona)



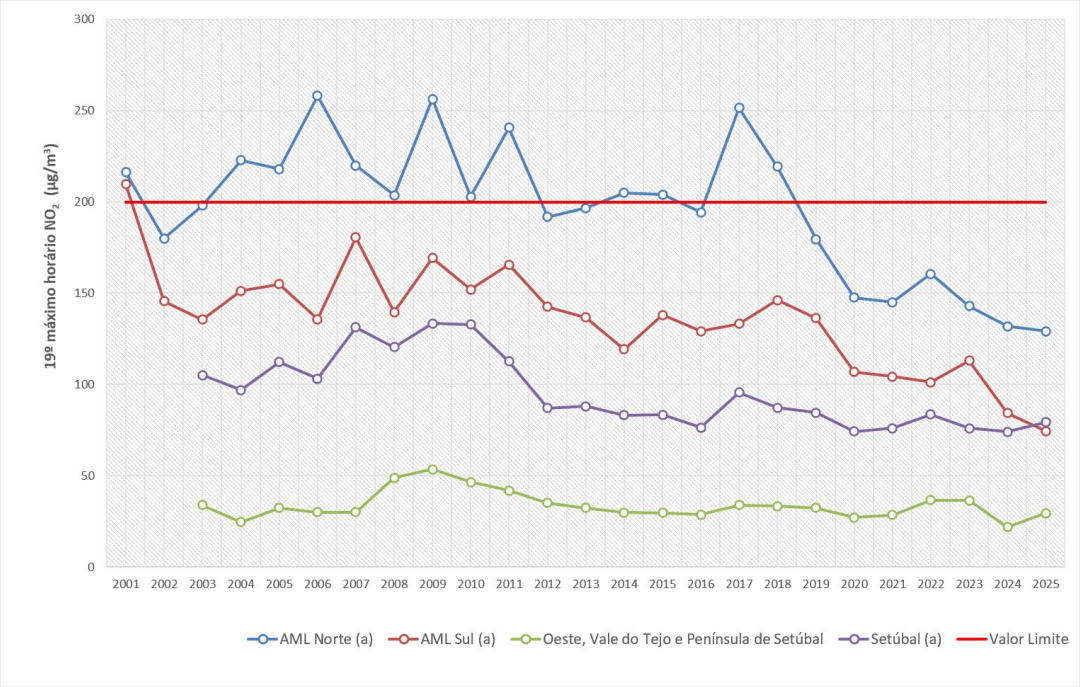
Relativamente à evolução do 19.º máximo horário, indicador utilizado para avaliar o cumprimento do VLH de NO_2, apresentada na Figura 7, verifica-se que, até 2018, não houve uma tendência muito clara, observando-se flutuações significativas de ano para ano, muito relacionadas com a ocorrência de condições meteorológicas mais ou menos

favoráveis à dispersão dos poluentes. A partir desse ano, em particular na AML Norte, é notória uma tendência de decréscimo das concentrações máximas horárias, não se tendo registado incumprimentos ao VLH nos anos seguintes.

Entre 2002 e 2025 apenas ocorreram ultrapassagens aos VL de NO_2 na aglomeração da AML Norte. Para o VLA as excedências verificaram-se em todos os anos e para o VLH, na maioria dos anos até 2018.

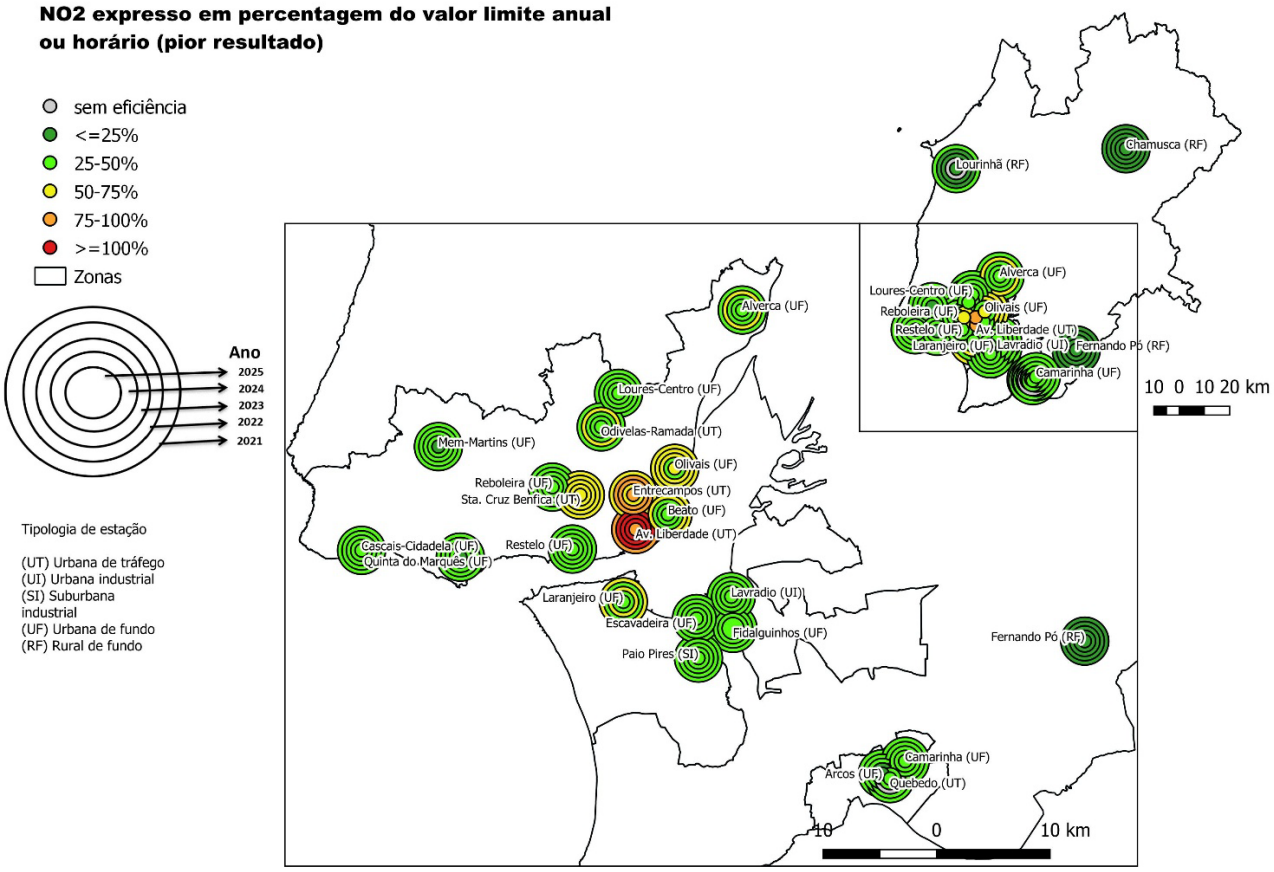
A ultrapassagem do VLA constituiu um incumprimento legal desde a entrada em vigor dos VL deste poluente em 2010, situação que conduziu à condenação de Portugal pelo Tribunal de Justiça da União Europeia em 2023. No caso do VLH, e considerando a prorrogação concedida pela Comissão Europeia para a AML Norte até 1 de janeiro de 2015, apenas se verificaram incumprimentos nos anos de 2015, 2017 e 2018. É de sublinhar que, desde 2020, apenas em 2022 se registaram concentrações médias horárias superiores a 200 µg/m^3 (VLH) nas estações da RMQA LVT, embora em número inferior ao máximo de 18 excedências permitido no ano.

Figura 7. Evolução do 19º máximo horário de NO_2 nas zonas da RLVT (máximo das estações de cada zona)



No mapa da Figura 8 representa-se a evolução das concentrações de NO_2, nos últimos 5 anos (2021 a 2025), 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, correspondendo a cada círculo um ano de dados. A análise da figura confirma, mais uma vez, que as concentrações mais elevadas de NO_2 têm sido registadas nas estações de tráfego da AML Norte, em particular na cidade de Lisboa. Salienta-se que em 2021 e 2025, não se verificou em nenhuma das estações o incumprimento dos VL deste poluente e que, nos anos de 2022 a 2024, ocorreu o incumprimento na zona central da cidade de Lisboa, representada pela estação da Avenida da Liberdade.

Figura 8. Mapa da evolução das concentrações de NO_2 nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos valores limite



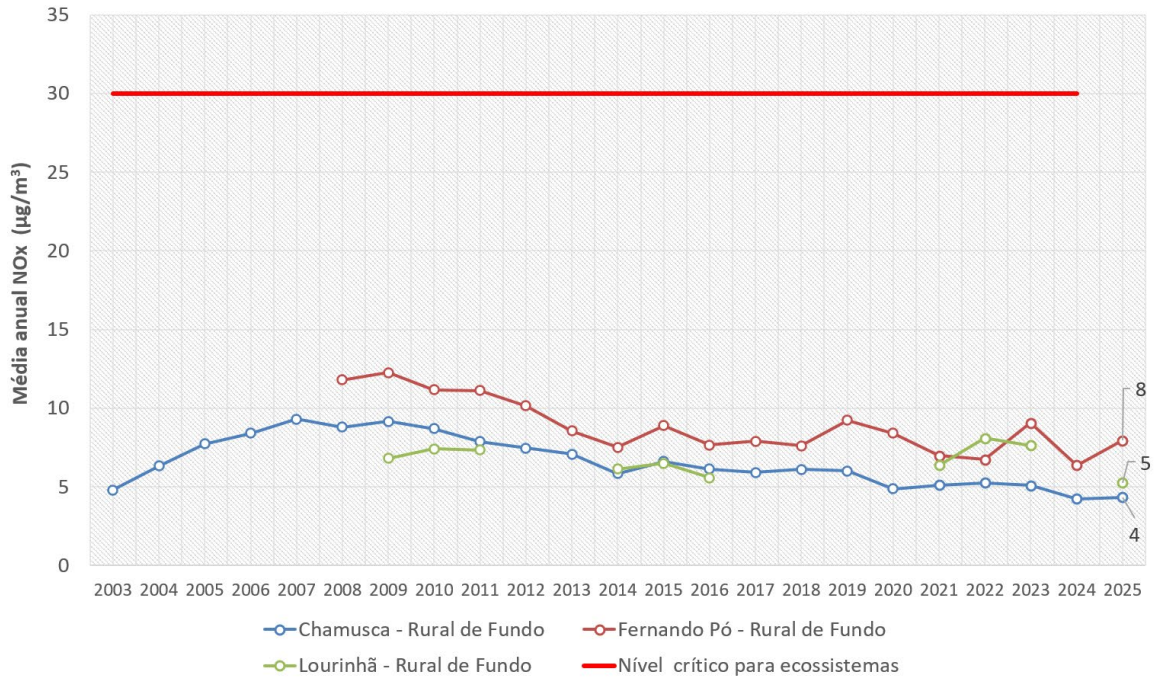
3.1.4 Análise da conformidade legal do NO_x - Proteção da vegetação

Para o NO_x a legislação em vigor fixa um nível crítico para proteção da vegetação (até 2010 era designado na legislação em vigor por valor limite), de 30 µg/m^3, avaliado para o valor da média anual.

Em 2025, os valores da média anual de NO_x, nas estações rurais de fundo da Chamusca, Lourinhã e Fernando Pó, foram muito inferiores ao valor estabelecido para o nível crítico deste poluente. Esta situação verifica-se desde 2003, conforme se pode constatar pela análise da Figura 9.

Em termos de evolução verifica-se uma ligeira tendência de decréscimo das concentrações deste poluente.

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



3.2 PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO (PM_{10} 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 "PM_{10}", enquanto as "$PM_{2,5}$", de diâmetro mais reduzido, correspondem à fração mais fina, com diâmetro inferior a 2,5 µm.

As partículas podem ser emitidas diretamente para a atmosfera, por uma ampla variedade de fontes antropogénicas, entre as quais se destacam a combustão de combustíveis fósseis, o tráfego rodoviário, alguns processos industriais, a agricultura, a exploração de massas minerais e diversas atividades de construção e demolição. Estas substâncias podem também ser emitidas por fontes naturais como os vulcões, fogos florestais ou resultar 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 a constante transformação que sofrem devido à sua interação com outros constituintes da atmosfera. A fração grosseira inclui elementos abundantes da crosta terrestre e sais marinhos, tais como, alumínio, cálcio, ferro, potássio e sílica. Já 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.

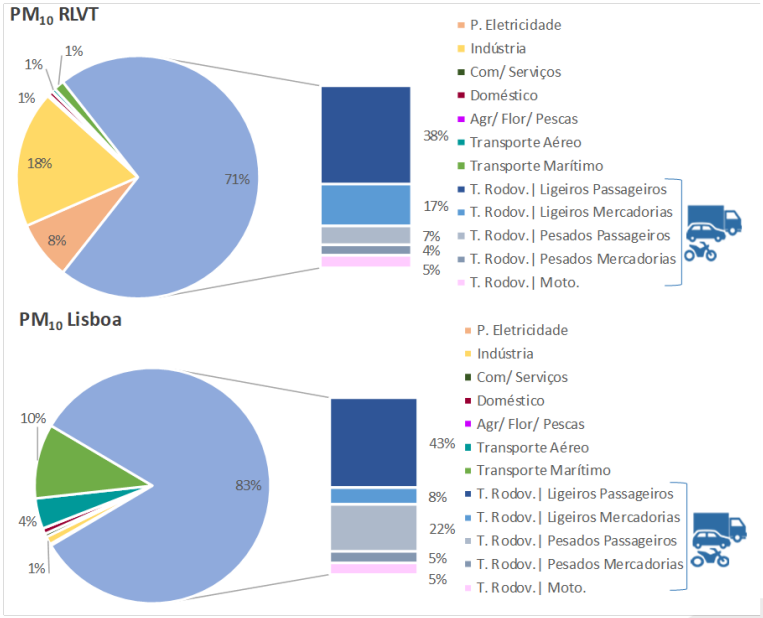
As partículas em suspensão na atmosfera classificam-se em primárias e secundárias. As primárias são diretamente emitidas para a atmosfera, tanto por fontes naturais como por atividades humanas. As secundárias, especialmente as da fração $PM_{2.5}$, formam-se através de reações químicas envolvendo gases 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 uma fonte importante de partículas, observando-se as maiores concentrações na proximidade de vias de tráfego intenso. Estas partículas resultam não só das emissões diretas dos escapes dos veículos, mas também de processos de abrasão (desgaste de pneus, travões e da superfície da estrada) e da ressuspensão de poeiras acumuladas nas estradas. Em geral, os veículos a gasóleo emitem uma quantidade superior de partículas finas por veículo, comparativamente aos 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 para esta região indicam que o sector dos transportes rodoviários representa cerca de 71% das emissões totais. Neste sector, é significativa não só a contribuição das emissões de escape, principalmente de veículos a gasóleo, mas também dos processos de abrasão resultantes do desgaste dos pneus, travões e da superfície da estrada. Na cidade de Lisboa o peso do sector dos transportes rodoviários é ainda mais expressivo, estimando-se que represente cerca de 83% das emissões de PM_{10}. Destacam-se ainda os sectores do transporte aéreo e marítimo com uma contribuição, respetivamente, de 4% e 10%.

Figura 10. Estimativa de emissões de PM_{10}, por sector de atividade (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.

Embora as concentrações de partículas PM_{10} registadas nas estações urbanas da RMQA LVT sejam influenciadas pelas emissões do tráfego automóvel, em meio urbano estas podem também resultar de outras fontes. Verifica-se, assim, que o aumento das concentrações durante as horas de ponta é significativamente mais atenuado do que o observado para outros poluentes como o CO e os NO_x, mantendo-se níveis elevados de partículas em períodos em que já se observa o decréscimo das concentrações desses poluentes. Este comportamento poderá também ser explicado pela ocorrência de fenómenos de ressuspensão de partículas e também pela formação de partículas secundárias, resultantes de reações químicas na atmosfera.

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, consequentemente, maior o risco de provocarem efeitos negativos na saúde. As partículas com diâmetro inferior a 10 µm (PM_{10}) são as mais nocivas, uma vez que conseguem atingir as vias respiratórias. As mais finas, como as partículas $PM_{2,5}$, podem atingir os alvéolos pulmonares e interferir nas trocas gasosas. A exposição crónica a estas partículas está associada ao aumento do risco de doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como ao desenvolvimento de cancro de pulmão.

As partículas em suspensão são também um veículo eficaz para o transporte de 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, as partículas intervêm no ciclo da água, influenciando a 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 PM_{10} a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite diário (VLD) de 50 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 35 vezes no ano, e um valor limite anual (VLA) de 40 µg/m^3.

O atual quadro legal permite que, quando a contribuição de poluentes provenientes de fontes naturais seja significativa, as excedências imputáveis a estas fontes não sejam consideradas para efeitos de verificação do 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.

Tendo em conta a relevância das fontes naturais para os níveis de partículas em suspensão observados na Península Ibérica, nomeadamente as provenientes do transporte de partículas dos desertos do Norte de África, foi desenvolvida uma metodologia comum entre Portugal e Espanha para quantificar a contribuição destas fontes. Esta contribuição é deduzida previamente à avaliação do cumprimento dos valores limite de PM_{10}.

A identificação e avaliação dos descontos da contribuição dos eventos naturais para as concentrações diárias de PM_{10} registadas nas estações de monitorização da qualidade do ar, é elaborada anualmente pela FCT/UNL para a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P (APA, I.P.). A informação relativa aos descontos para 2025 consta do relatório "Identificação e avaliação de eventos naturais em Portugal em 2025" (APA e FCT/UNL, 2026).

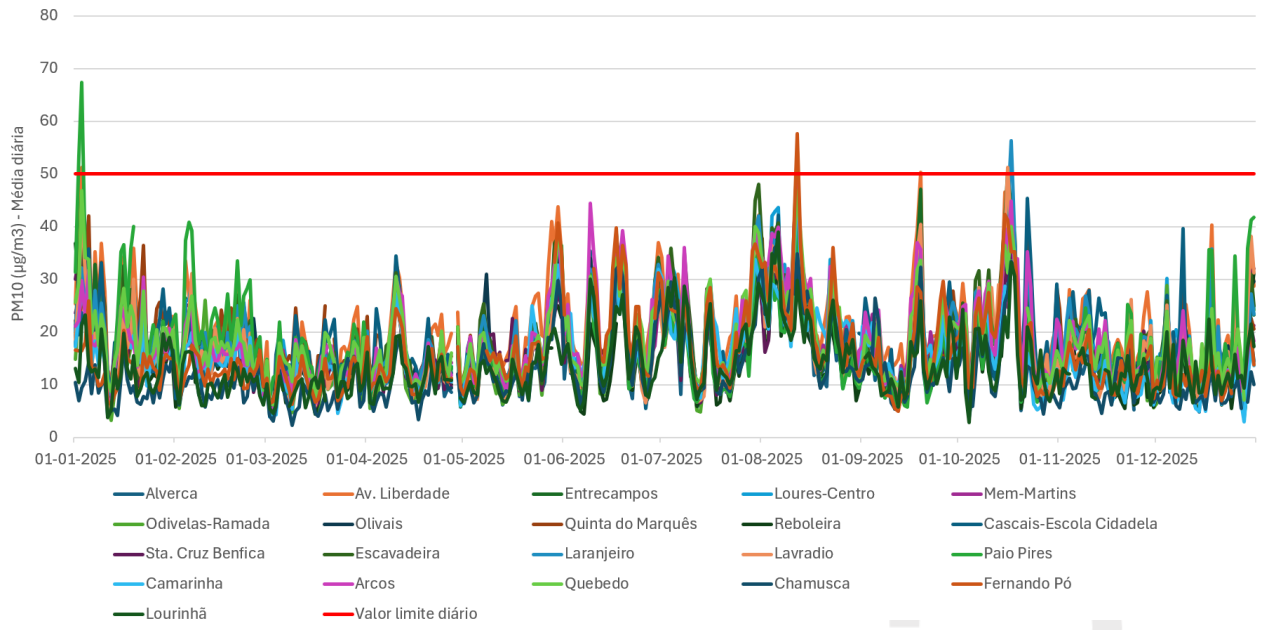
Na Tabela 1 apresenta-se, para 2025, a lista dos dias com ultrapassagem do VLD nas estações da RMQA LVT, identificando-se os valores observados e os episódios de eventos naturais.

Em 2025 registaram-se apenas cinco dias com ultrapassagem do VLD de partículas PM_{10} em estações da RMQA LVT (ver Figura 11), verificando-se que três dessas ocorrências coincidiram com episódios de eventos naturais.

Tabela 1. Ultrapassagens do VLD de PM_{10} nas estações da RMQA LVT em 2025

Data		02/0	03/0	12/0	16/1	17/	Nº de dias em ultrapassagem ao VLD
Dia de eventos naturais				x	x	x	
AML Norte	Av. Liberdade		51	53			2
AML Sul	Escavadeira			55	50		2
	Laranjeiro					56	1
	Lavradio				51		1
	Paio Pires	54	67				2
Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	Fernando Pó			58			2
Nº de estações em ultrapassagem ao VLD		1	2	3	1	1	5 dias / 6 estações

Figura 11. Concentrações médias diárias de PM_{10} nas estações da RMQA LVT em 2025



Na Figura 12 e Figura 13 apresentam-se os resultados relativos às partículas PM_{10} em 2025, considerando os indicadores, média anual e 36º máximo horário, que permitem avaliar, respetivamente, o cumprimento do VLA e VLD definidos para este poluente.

Em 2025 verificou-se o cumprimento dos valores limite legislados para as PM_{10} em todas as estações da RMQA LVT, mesmo não considerando a dedução da contribuição dos eventos naturais. A média anual foi, em todas as estações, exceto na estação da Avenida da Liberdade, inferior em 50% ao VLA. Relativamente ao VLD, o número de médias diárias superiores a 50 µg/m^3, não ultrapassou os 2 dias do ano em nenhuma das estações da RMQA LVT, tendo as excedências ocorrido apenas em 6 estações.

Após a aplicação da metodologia de desconto da contribuição destes eventos para as concentrações de PM_{10} registadas, verificou-se que apenas as estações de Paio Pires e Avenida da Liberdade mantiveram 2 e 1 excedências, respetivamente, conforme se pode verificar pela análise da Figura 13.

Figura 12. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{10} em 2025, para o valor limite anual, para a proteção da saúde humana

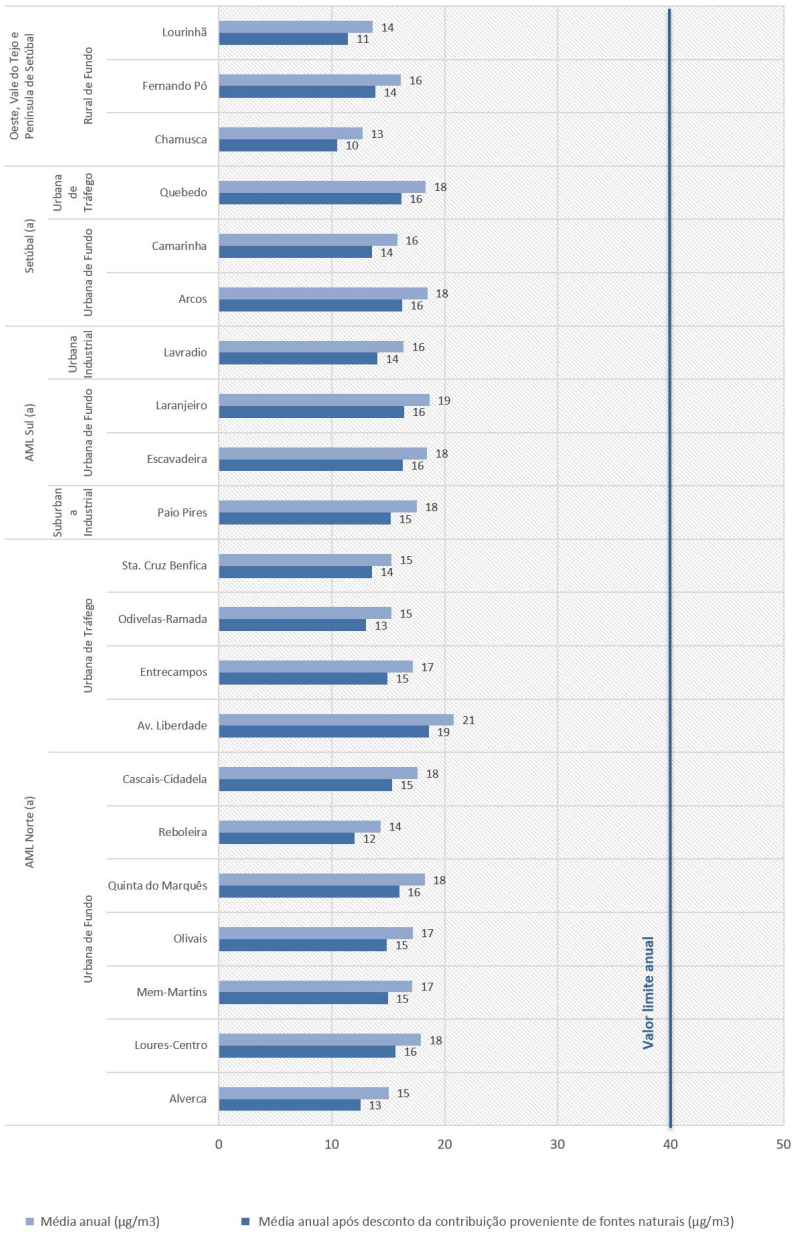
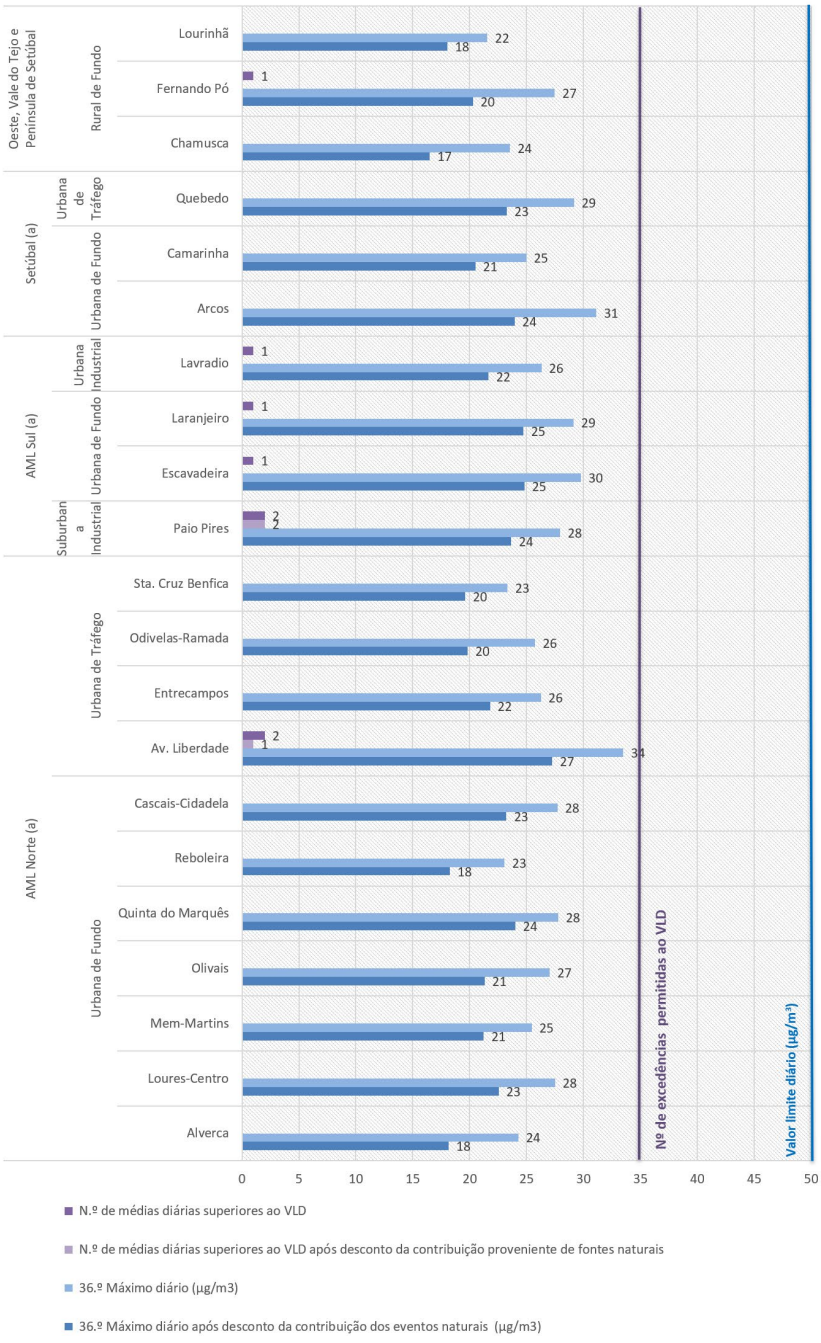


Figura 13. Avaliação da conformidade legal do poluente PM_{10} em 2025, para o valor limite diário, para a proteção da saúde humana



Relativamente à evolução dos níveis de PM_{10}, a análise das Figuras 14 e 15, onde se encontram representados, respetivamente, os valores mais elevados do 36.º máximo diário e da média anual de PM_{10} obtidos em cada ano nas estações de cada zona da RLVT, evidencia uma tendência de decréscimo das concentrações deste poluente nas quatro zonas da região.

Até 2008 observou-se um decréscimo acentuado das concentrações de PM_{10}. Entre 2009 e 2017, as concentrações mantiveram-se relativamente estáveis, com pequenas oscilações anuais, muito relacionadas com a variabilidade das condições meteorológicas e com o número de dias de eventos naturais ocorridos em cada ano.

A partir de 2018, a evolução tem sido muito condicionada pela redução de emissões associada à contínua renovação da frota de veículos rodoviários em circulação, mas com algumas flutuações anuais, dependentes do número e da intensidade dos eventos naturais. Descontando a contribuição destes eventos para as concentrações de PM_{10}, observa-se uma notória tendência de descida das concentrações.

Nos últimos anos, o decréscimo das concentrações de partículas PM_{10}, tem conduzido a uma diminuição das diferenças entre as várias tipologias de estações da RMQA LVT. Em algumas estações de zonas urbanas, os valores observados aproximam-se dos níveis típicos de zonas rurais, evidenciando uma melhoria generalizada da qualidade do ar relativamente a este poluente.

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

No que respeita à AML Sul, importa referir que, nos anos de 2010, 2012 e 2013, a estação de Paio Pires - que habitualmente apresenta as concentrações mais elevadas nesta aglomeração - não reuniu a quantidade mínima de dados necessária para a avaliação do cumprimento dos valores limite. Esta limitação justifica algumas das oscilações verificadas nesses anos, em que a aglomeração foi representada por outras estações de menores concentrações.

Na zona rural do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal nunca se registou o incumprimento dos VL de PM_{10}, no entanto, registaram-se, em alguns anos, médias diárias relativamente elevadas, em situações de ocorrência de eventos naturais e de incêndios florestais.

Figura 14. Evolução do 36.º máximo diário de PM_{10} nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais

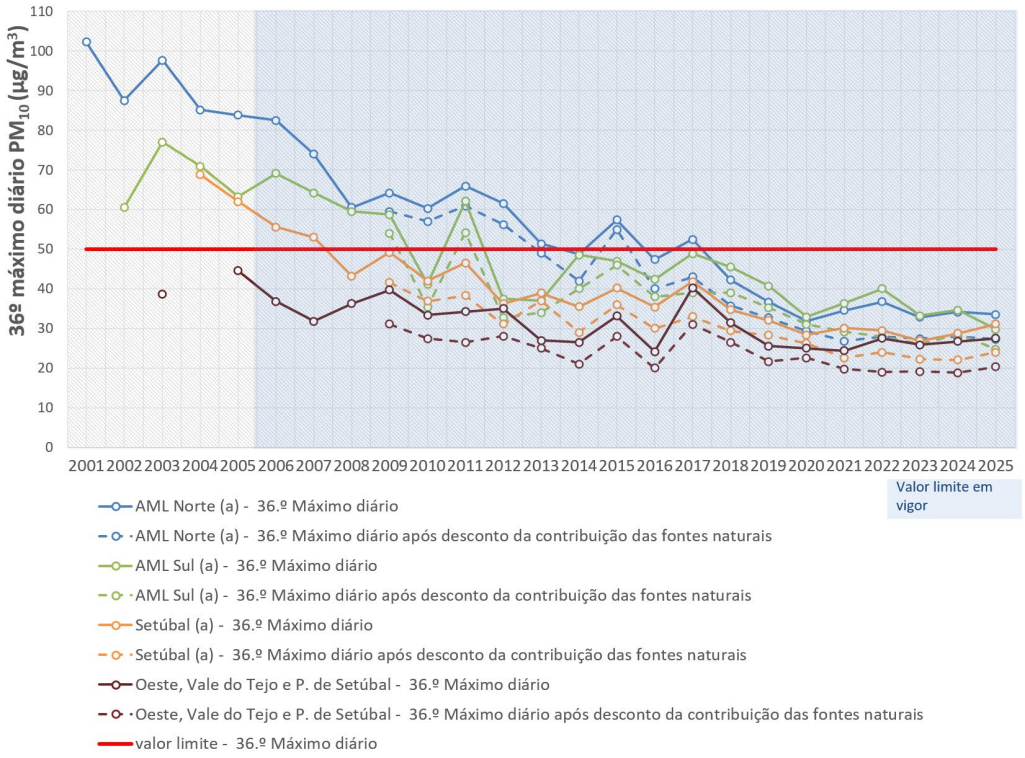
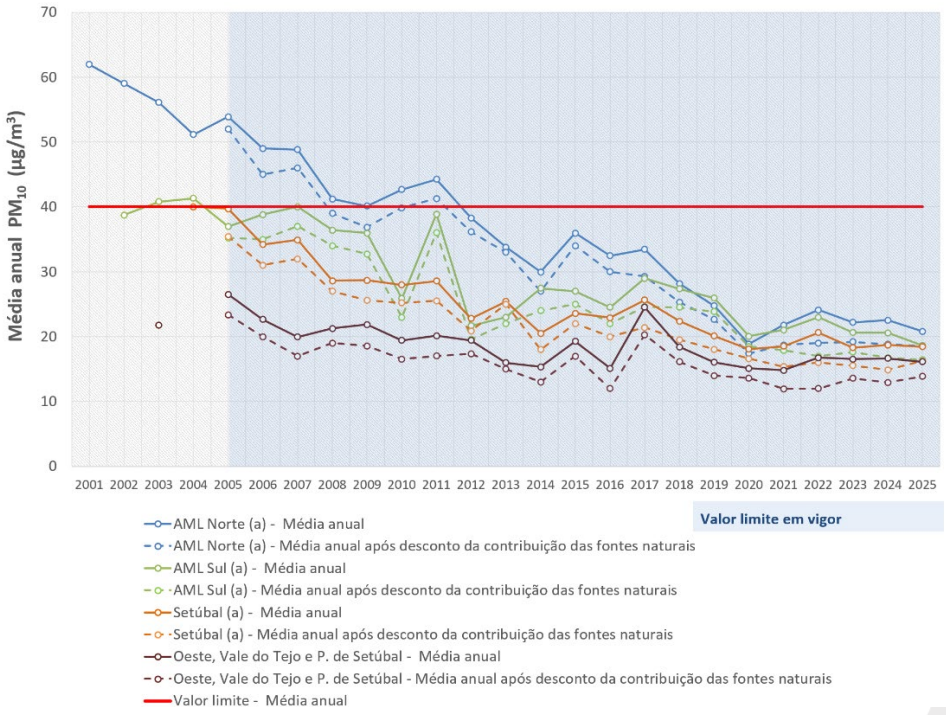


Figura 15. Evolução da média anual de PM_{10} nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona), com e sem desconto da contribuição das fontes naturais

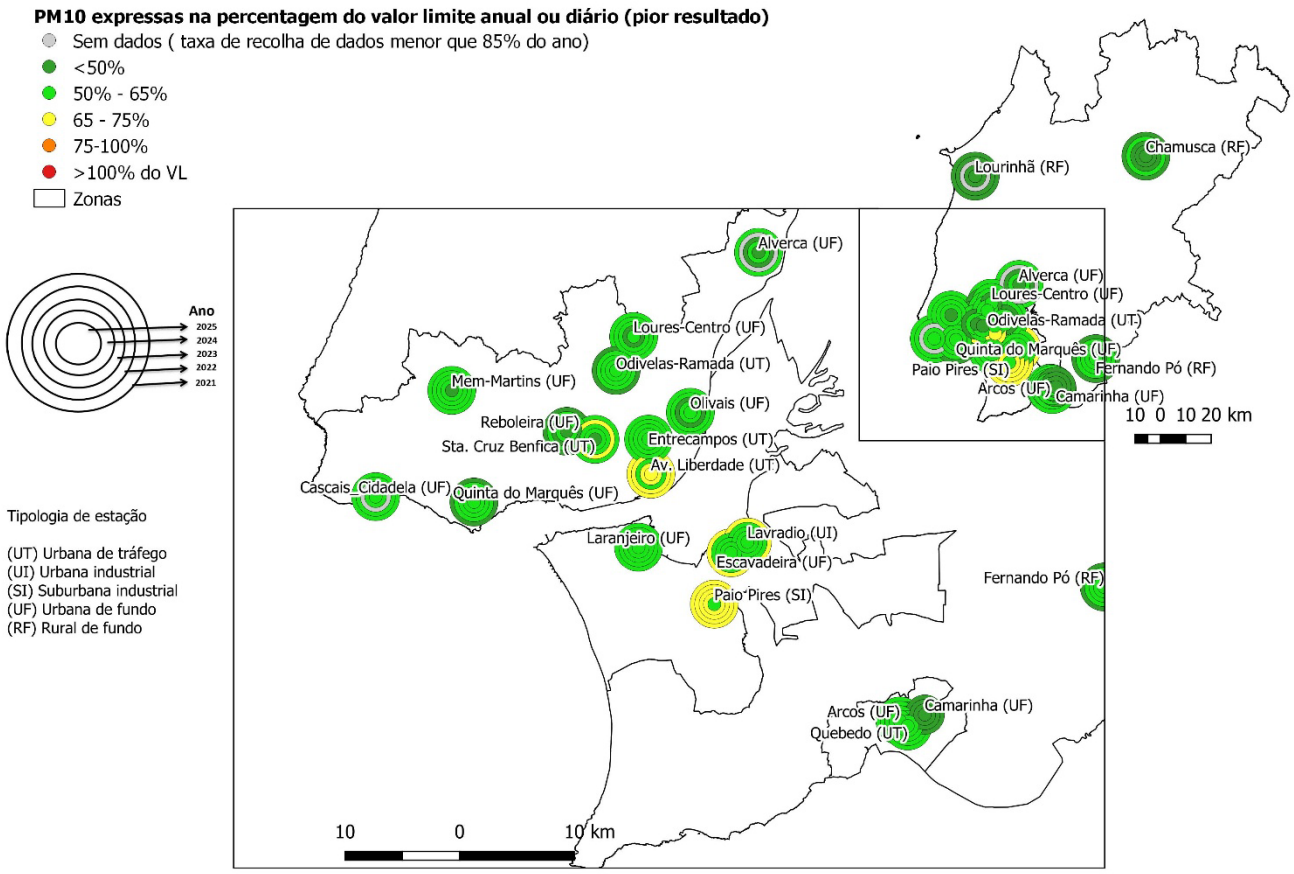


O mapa da Figura 16 representa a evolução das concentrações de partículas PM_{10} nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos VL, não considerando o desconto dos eventos naturais. Os

resultados estão agregados com base no pior resultado registado para os dois VL deste poluente, sendo que cada círculo representa os dados de um ano.

A análise desta figura evidencia uma tendência de decréscimo das concentrações de partículas PM_{10}, nos últimos anos (2021-2025), em todas as zonas da RLVT, verificando-se 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 16. Mapa da evolução das concentrações de partículas PM_{10} nas estações da RMQA LVT, nos últimos 5 anos, expressas em percentagem dos valores limite



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

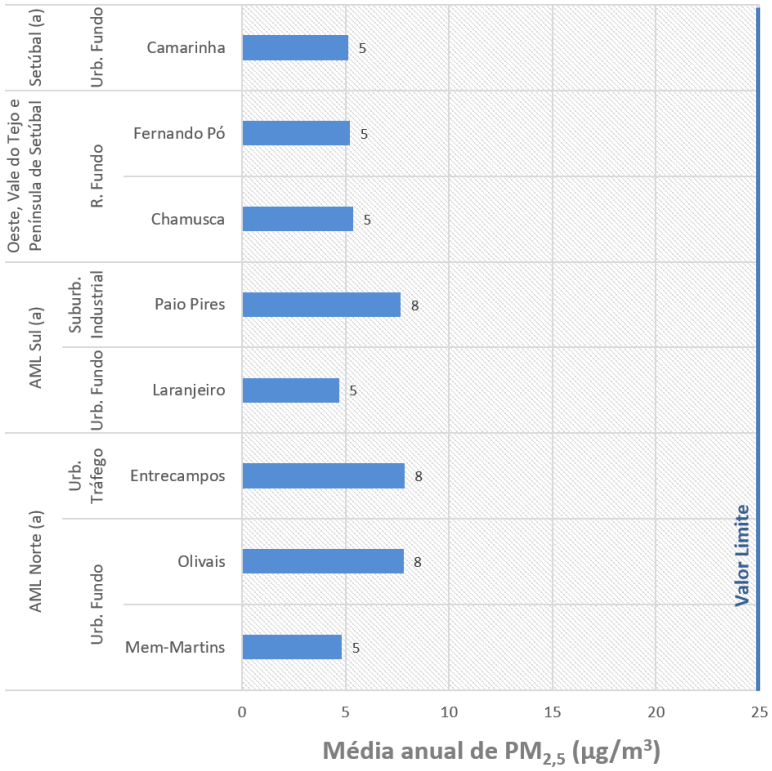
Para o poluente $PM_{2,5}$ a legislação em vigor define um valor alvo e um valor limite, ambos de 25 µg/m^3, avaliados através da média anual. Esta concentração está definida como valor alvo para o ano de 2010 e como valor limite de cumprimento obrigatório a partir de 1 janeiro de 2015.

Uma vez que não foi possível definir um limiar abaixo do qual as partículas $PM_{2,5}$ 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.

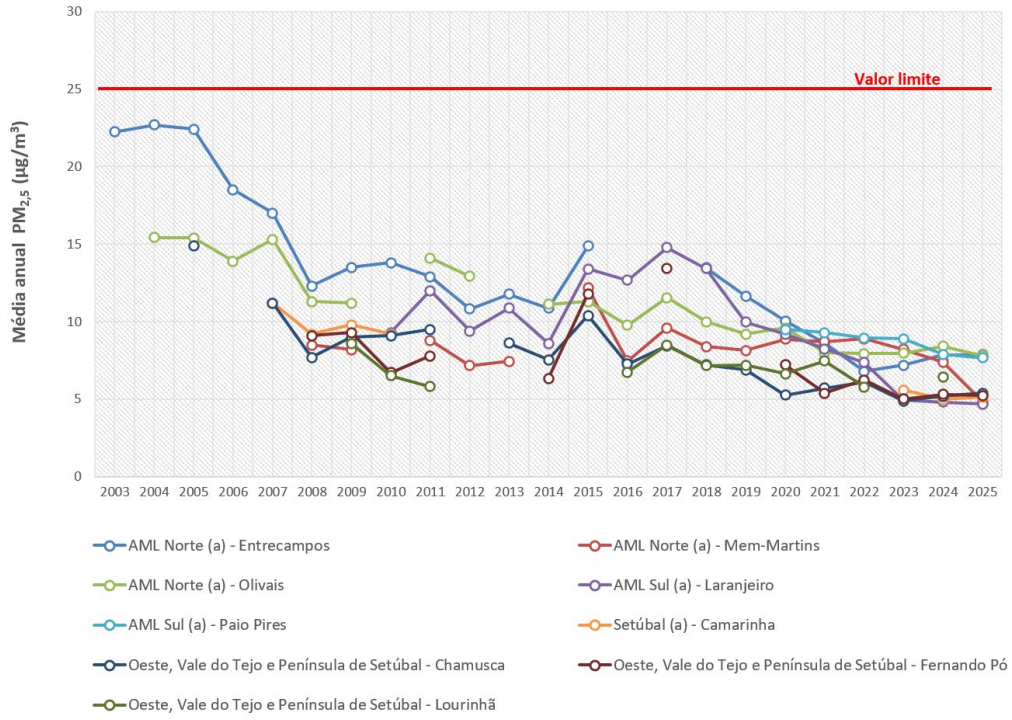
Em 2025 os resultados obtidos para a média anual de $PM_{2,5}$ nas estações da RMQA LVT, apresentados na Figura 17, foram muito inferiores ao valor limite legislado.

Figura 17. Avaliação da conformidade legal do poluente $PM_{2,5}$, em 2025, para o valor limite para a proteção da saúde humana



As médias anuais registadas nas estações da RMQA LVT nunca ultrapassaram o valor limite estabelecido (ver Figura 18), observando-se entre 2005 e 2008 uma redução das concentrações. De 2008 a 2017 a tendência de evolução das concentrações de $PM_{2,5}$ 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 decréscimo contínuo das concentrações, associado à redução das emissões do tráfego rodoviário, em resultado da renovação da frota automóvel. Ainda assim, persistem algumas flutuações devidas às variações inter-anuais das condições meteorológicas e à ocorrência de eventos naturais.

Figura 18. Evolução da média anual para as partículas $PM_{2,5}$



3.3 MONÓXIDO DE CARBONO (co)

3.3.1 Origem e emissões do poluente

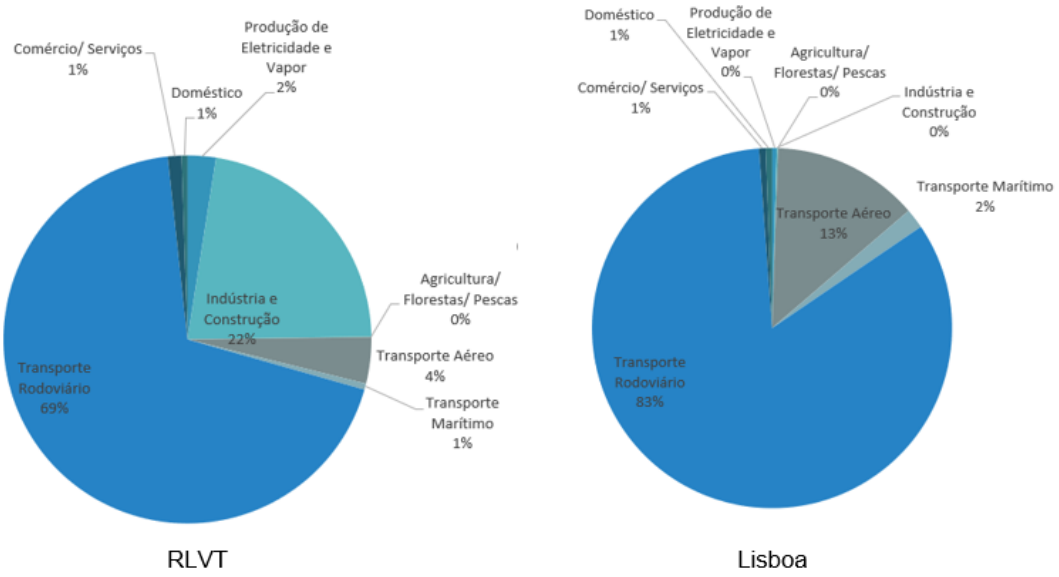
O monóxido de carbono (CO) de origem antropogénica resulta, essencialmente, da combustão incompleta de combustíveis fósseis ou de outras matérias orgânicas. As principais fontes naturais deste poluente são as erupções vulcânicas, os fogos florestais e a decomposição da clorofila.

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

Em meio urbano, os gases de escape dos veículos automóveis são a principal fonte de emissão 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 os níveis deste poluente, uma vez que as emissões de CO são inversamente proporcionais à velocidade de circulação dos veículos.

Na RLVT o tráfego rodoviário é responsável por cerca de 69% das emissões totais de CO, assumindo um peso significativo face aos restantes sectores que contribuem para as emissões deste poluente (ver Figura 19).

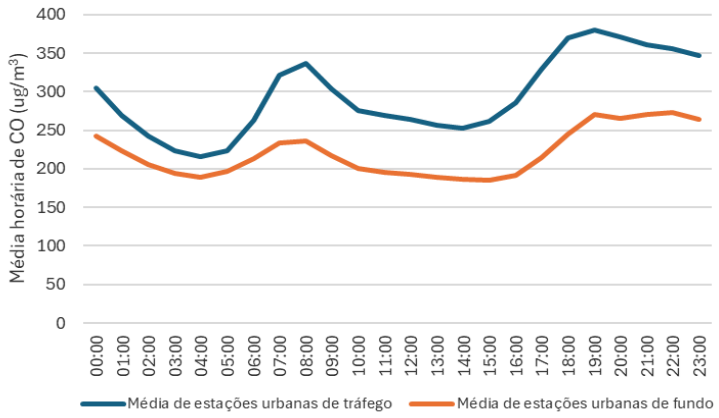
Figura 19. Estimativa de emissões de CO por sector de atividade (2019)



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

A variação diária das concentrações de CO acompanha, de forma geral, a variação do tráfego automóvel. Em ambiente urbano observam-se habitualmente dois máximos diários, coincidentes com as horas de ponta da manhã e da tarde. Embora estes picos sejam mais pronunciados nas estações urbanas de tráfego da RMQA LVT, nas estações urbanas de fundo o perfil é muito semelhante (Figura 20), evidenciando a influência generalizada do transporte rodoviário nos níveis deste poluente.

Figura 20. Ciclo diário das concentrações médias horárias de CO nas estações urbanas da RMQA LVT



3.3.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

Os efeitos do CO na saúde humana resultam da sua capacidade de se combinar irreversivelmente com a hemoglobina do sangue, substituindo o oxigénio, e comprometendo a oxigenação dos tecidos. A exposição a este poluente pode assim constituir um risco significativo, sobretudo para indivíduos com problemas cardiovasculares. Indivíduos saudáveis também podem ser afetados, mas apenas após exposição a concentrações elevadas.

A inalação de CO pode provocar dores de cabeça e vertigens, que se agravam com o aumento das concentrações deste poluente. Em casos mais severos, podem surgir náuseas e vómitos, e em situações de exposição prolongada, coma ou morte.

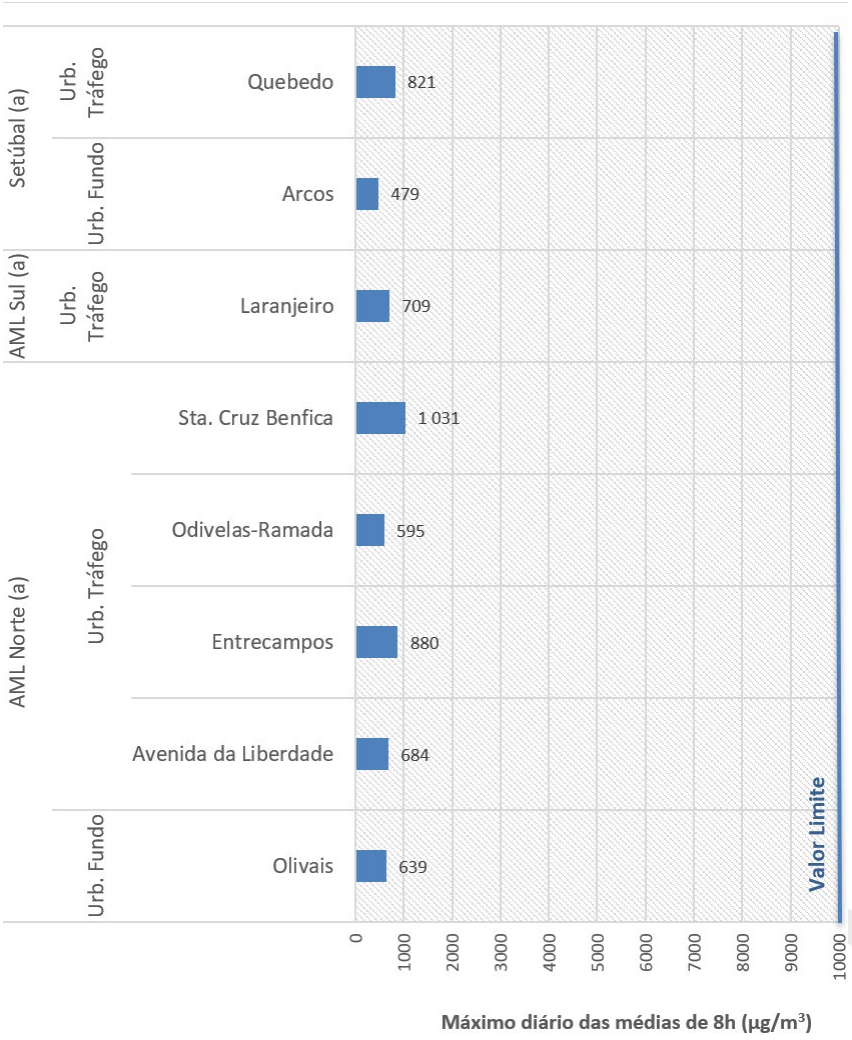
O CO intervém também nos mecanismos de formação do ozono troposférico. Na atmosfera, transforma-se em dióxido de carbono, contribuindo assim, de forma indireta, para o efeito de estufa.

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 µg/m^3), avaliado para o valor máximo diário das médias de 8 horas.

Da análise da Figura 21 verifica-se que em 2025 todas as estações da RMQA LVT registaram um máximo diário das médias de 8 horas muito inferior ao VL definido para este poluente.

Figura 21. Avaliação da conformidade legal do poluente CO em 2025, para o valor limite para a proteção da saúde humana

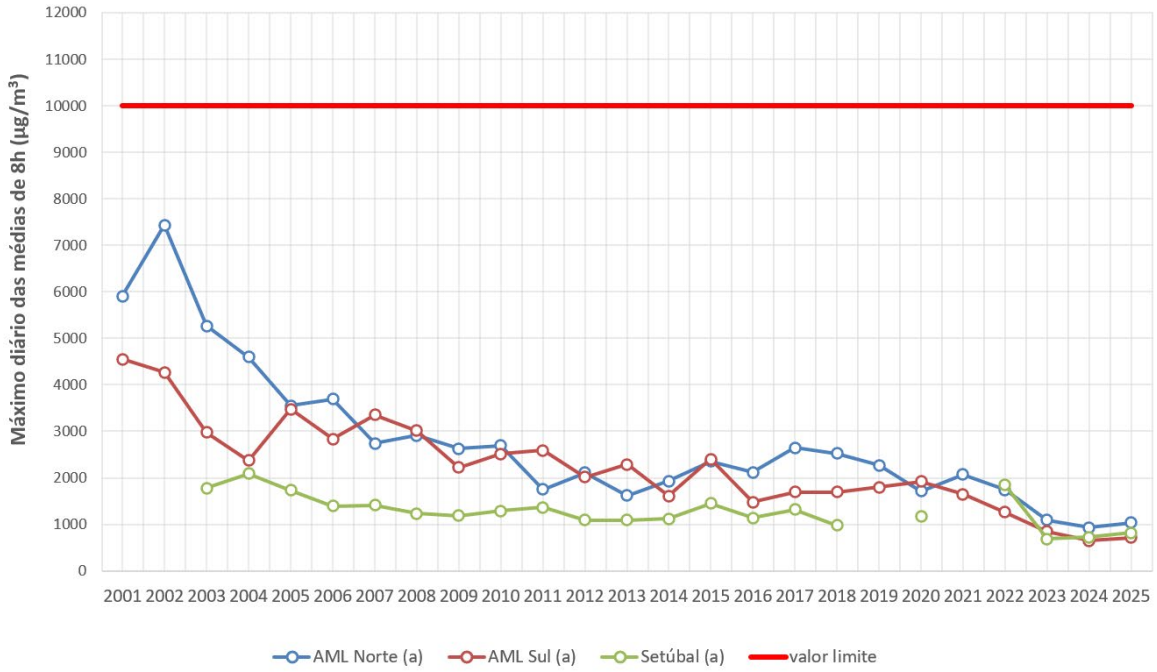


No período entre 2001 e 2025 nunca foi ultrapassado o valor limite legislado para o CO nas estações da RMQA LVT (Figura 22). Nos primeiros dez anos verificou-se uma clara tendência de redução das concentrações deste poluente,

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. No entanto, devido às concentrações reduzidas deste poluente, a partir de 2012, na sequência de um processo de reestruturação da RMQA LVT, a monitorização passou a ser efetuada num número mais limitado de estações.

Figura 22. 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 (SO_2)

3.4.1 Origem e emissões do poluente

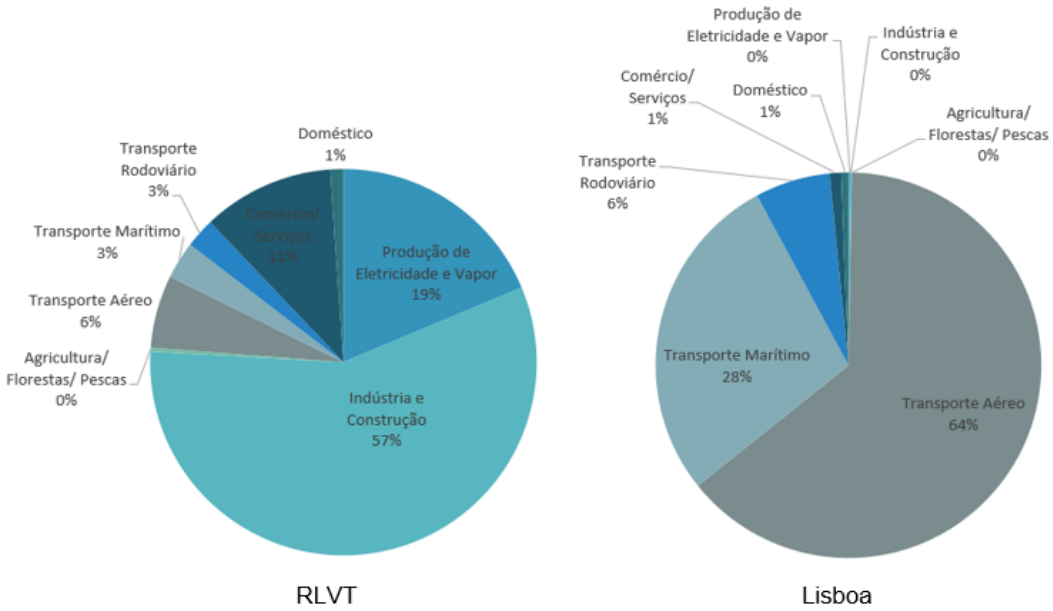
O dióxido de enxofre (SO_2) é essencialmente formado no momento da queima de combustíveis fósseis, como o carvão e o fuelóleo. As principais fontes antropogénicas são as centrais térmicas e as grandes instalações de combustão industrial, mas o SO_2 tem também origem natural, sobretudo como resultado da atividade dos vulcões e dos fogos florestais.

Na RLVT as emissões de SO_2 provêm maioritariamente de fontes pontuais dos sectores da indústria e da produção de eletricidade e vapor (ver Figura 23). Nos anos mais recentes este último sector tem vindo a perder relevância, devido à substituição de tecnologias de combustão baseadas em fuelóleo e carvão por sistemas que utilizam gás natural, cujo teor de enxofre é 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 transporte rodoviário, continua a apresentar 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 pontos 3.4.3 e 3.4.4.

Figura 23. Estimativa de emissões de SO_2, por sector de atividade (2019)



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

3.4.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

O SO_2 é um gás irritante para as mucosas e vias respiratórias, podendo provocar, em concentrações elevadas, efeitos agudos e crónicos na saúde humana, sobretudo ao nível do aparelho respiratório. O SO_2 pode igualmente agravar problemas cardiovasculares devido ao seu impacto na função respiratória.

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

O SO_2 transforma-se em ácido sulfúrico em contacto com a humidade do ar, contribuindo para o fenómeno de formação das chuvas ácidas. Contribui igualmente para a degradação da pedra e dos materiais de numerosos monumentos.

A deposição de SO_2 afeta também a vegetação, podendo causar diminuição das taxas de crescimento e da atividade fotossintética devido à degradação da clorofila, e aumentar a sensibilidade a outros fatores de stress como o gelo ou a presença de parasitas. Os líquenes, por serem particularmente sensíveis ao SO_2, são frequentemente utilizados como indicadores da presença deste tipo de poluição.

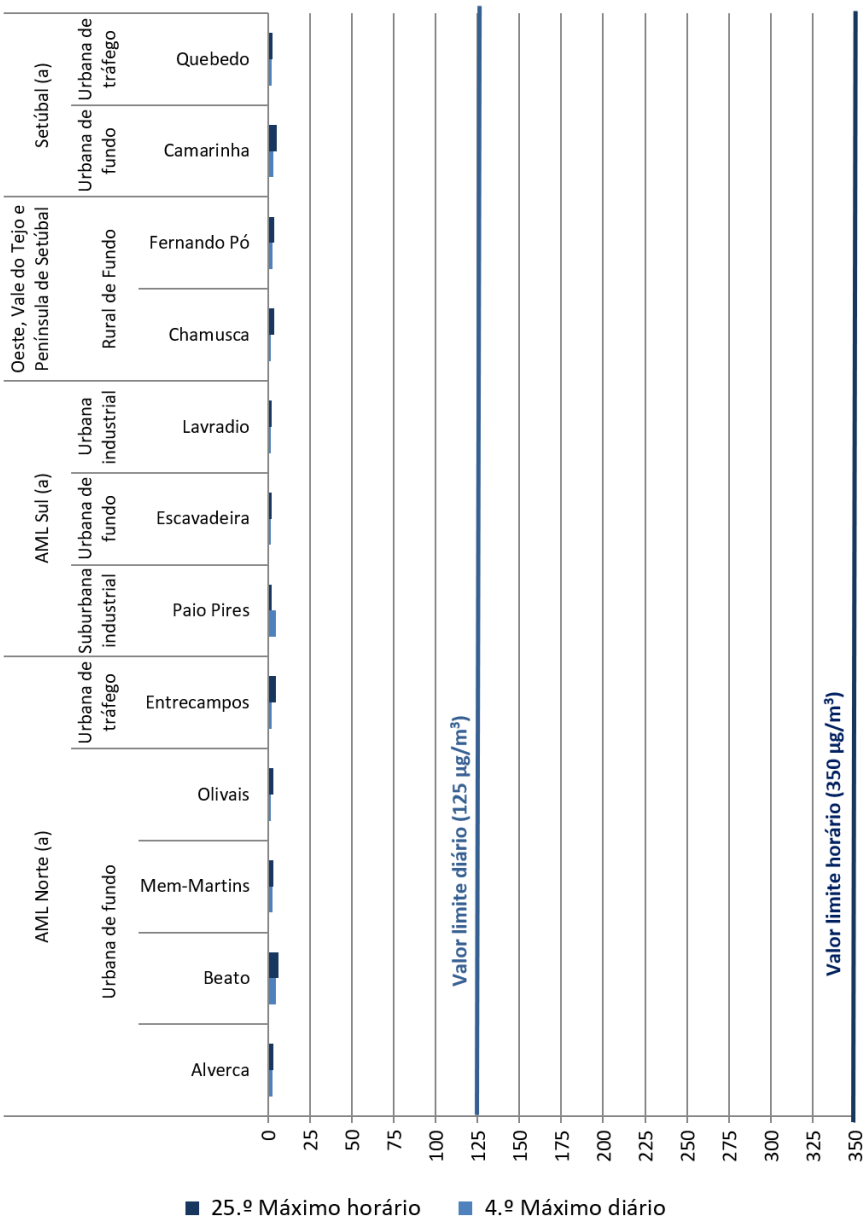
3.4.3 Análise da conformidade legal - Proteção da saúde humana

Para o SO_2 a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário (VLH) de 350 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 24 vezes no ano, e um valor limite diário (VLD) de 125 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que três vezes no ano. A avaliação da conformidade legal para o SO_2 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/m^3, medido durante três horas consecutivas.

Conforme se pode comprovar pela análise da Figura 24, no ano de 2025 não se verificou nenhuma situação de incumprimento dos VL definidos para o SO_2. Tal como em anos anteriores, registaram-se concentrações médias horárias e diárias muito baixas em todas as estações da RMQA LVT.

Figura 24. Avaliação da conformidade legal do poluente SO_2 em 2025, para a proteção da saúde humana



No período entre 2001 e 2025 a zona da AML Sul foi a que apresentou os níveis mais elevados de SO_2, (Figura 25 e Figura 26), tendo-se verificado, nos anos de 2005, 2007 e 2008, o incumprimento do VLH e do VLD na estação industrial do Lavradio, localizada no concelho do Barreiro. 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. Esta redução está associada, por um lado, à diminuição da atividade industrial na região e, por outro, a uma redução do teor de enxofre nos combustíveis utilizados. Na AML Sul é notória a redução significativa das concentrações a partir de 2009, coincidente com o encerramento de unidades industriais relevantes na zona industrial do Barreiro, verificando-se que, a partir de 2013, os níveis registados nesta aglomeração já não se destacam dos observados nas restantes zonas da região.

Atendendo às baixas concentrações de SO_2 registadas de forma consistente nas estações da RMQA LVT, foi efetuada, em 2012, uma reestruturação da rede de monitorização deste poluente, tendo sido reduzido o número de estações equipadas com analisadores de SO_2. Mantiveram-se em funcionamento os analisadores de estações instaladas na proximidade de zonas industriais e os analisadores de um conjunto mais reduzido de estações destinados à avaliação dos níveis de fundo deste poluente.

Figura 25. Evolução do 4º máximo diário de SO_2 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)

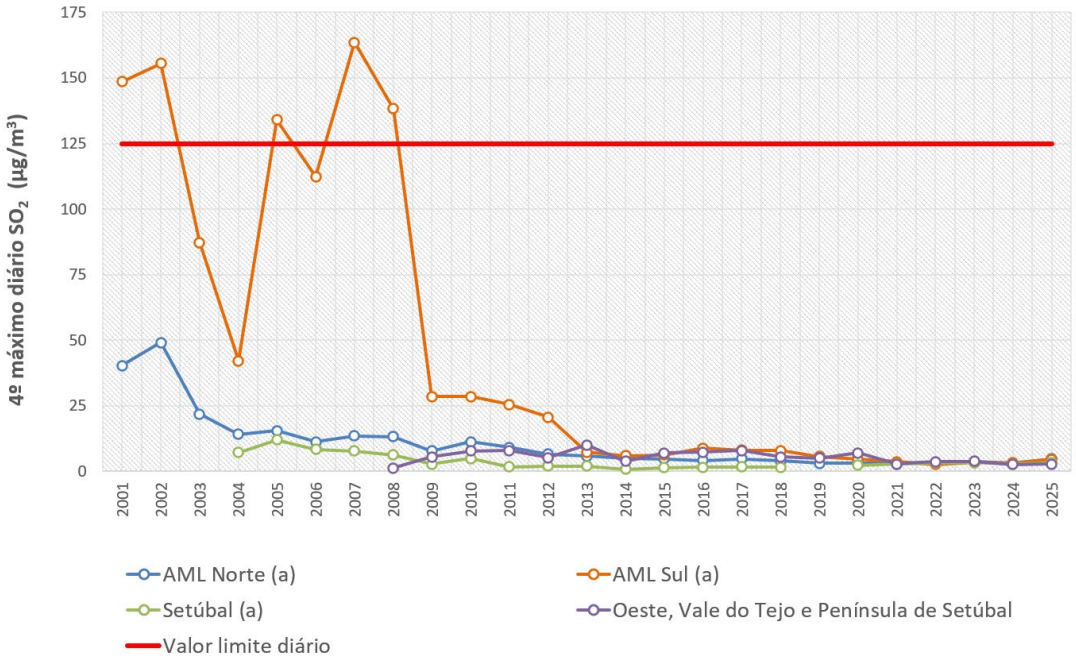
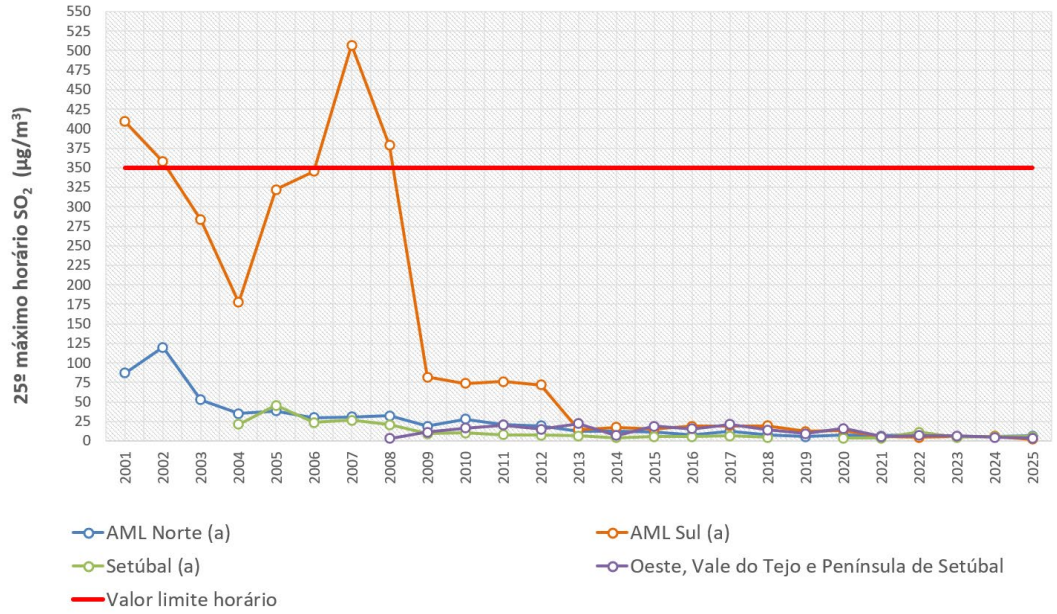


Figura 26. Evolução do 25º máximo horário de SO_2 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)



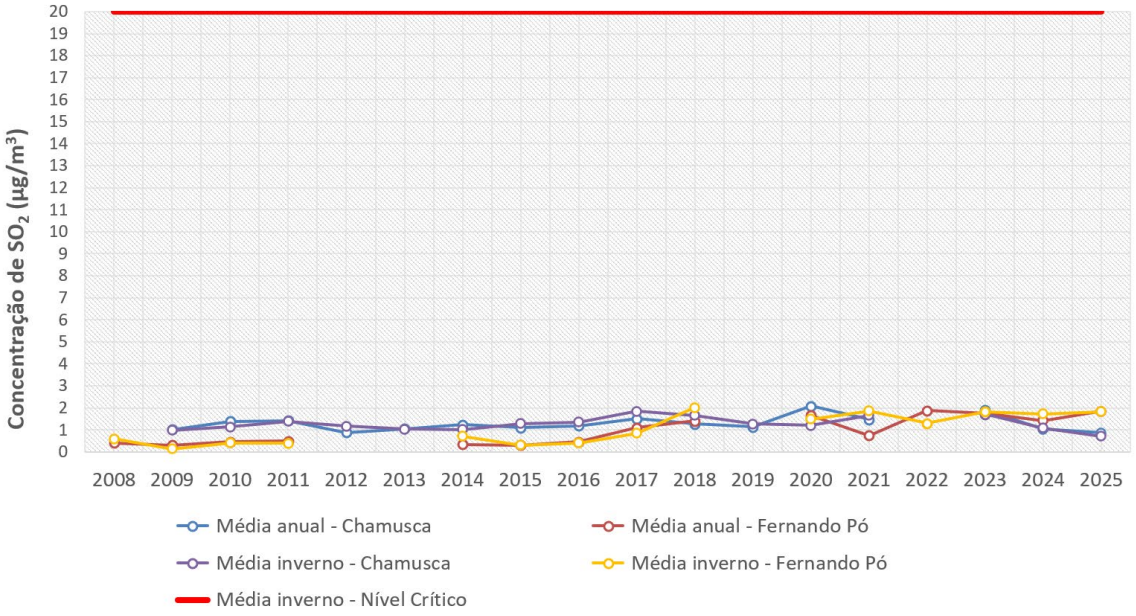
3.4.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação

Para o SO_2 a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da vegetação, um nível crítico de 20 µg/m^3, 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 2025, nas duas estações rurais de fundo onde este poluente é medido - Chamusca e 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 deste poluente.

A análise dos resultados obtidos para a média anual e para a média de inverno de SO_2, no período compreendido entre 2008 e 2025, mostra que nestas estações os níveis estiveram sempre muito abaixo do nível crítico para proteção da vegetação (Figura 27).

Figura 27. Evolução da média anual e de inverno de SO_2 nas estações rurais de fundo



3.5 OZONO (O_3)

3.5.1 Origem do poluente

O ozono (O_3) 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 O_3 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 O_3, designado como ozono troposférico, é um poluente secundário que afeta negativamente a saúde humana.

O O_3 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 O_3 são essencialmente resultantes das emissões dos veículos automóveis e de determinadas atividades industriais.

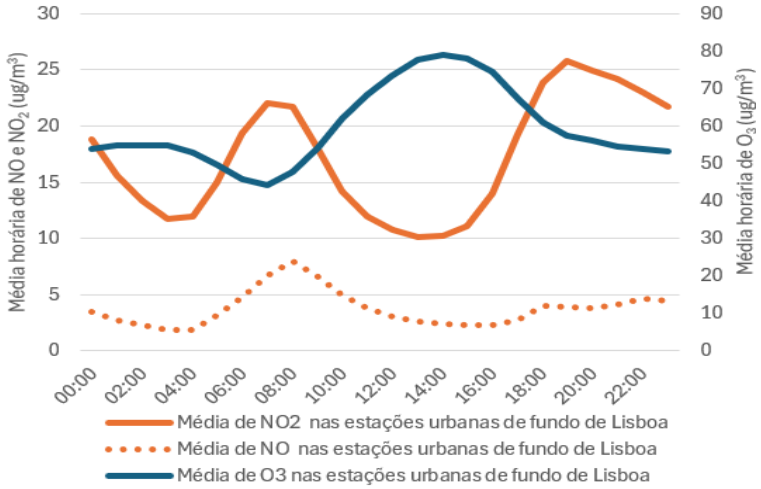
As reações de formação do O_3 são complexas e os episódios de concentrações elevadas deste poluente ocorrem especialmente nos dias de verão, na presença de condições meteorológicas particulares – forte radiação solar, temperaturas elevadas, vento fraco e estabilidade atmosférica – frequentemente associadas à persistência de um anticiclone.

As concentrações mais elevadas de O_3 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 O_3, 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 O_3 nas estações da RMQA LVT, ilustrada na Figura 28, 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 O_3 durante este período do dia é normalmente acompanhado por um decréscimo das concentrações de NO e NO_2, conforme se ilustra na figura.

Figura 28. Ciclo diário das concentrações de NO, NO_2 e O_3 nas estações urbanas de fundo de Lisboa



3.5.2 Efeitos na saúde humana e no ambiente

O O_3 é um gás agressivo para as mucosas oculares e respiratórias e, tal como outros oxidantes fotoquímicos, penetra profundamente nas vias respiratórias, afetando sobretudo os brônquios e os alvéolos pulmonares. Os seus efeitos podem manifestar-se através de irritações nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça e por problemas respiratórios, como dificuldade em respirar, dores no peito e tosse. Além disso, pode também provocar o agravamento de patologias respiratórias já existentes e reduzir a resistência a infeções respiratórias.

Para além dos impactos na saúde humana, o O_3 tem um efeito nocivo sobre a vegetação, interferindo na atividade fotossintética e no seu crescimento e reprodução. Afeta também certos materiais como a borracha, têxteis e pinturas.

O O_3 é também um gás com efeito de estufa, contribuindo para o aquecimento da atmosfera.

3.5.3 Análise da conformidade legal – Proteção da saúde humana

Para o O_3 a legislação em vigor estabelece, para proteção da saúde humana, um valor alvo de 120 µg/m^3, 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. O cumprimento do valor alvo é avaliado através do indicador correspondente ao 26º máximo diário das médias de 8 horas.

De acordo com o disposto no Decreto-Lei 102/2010, de 23 de setembro, na sua redação atual, 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.

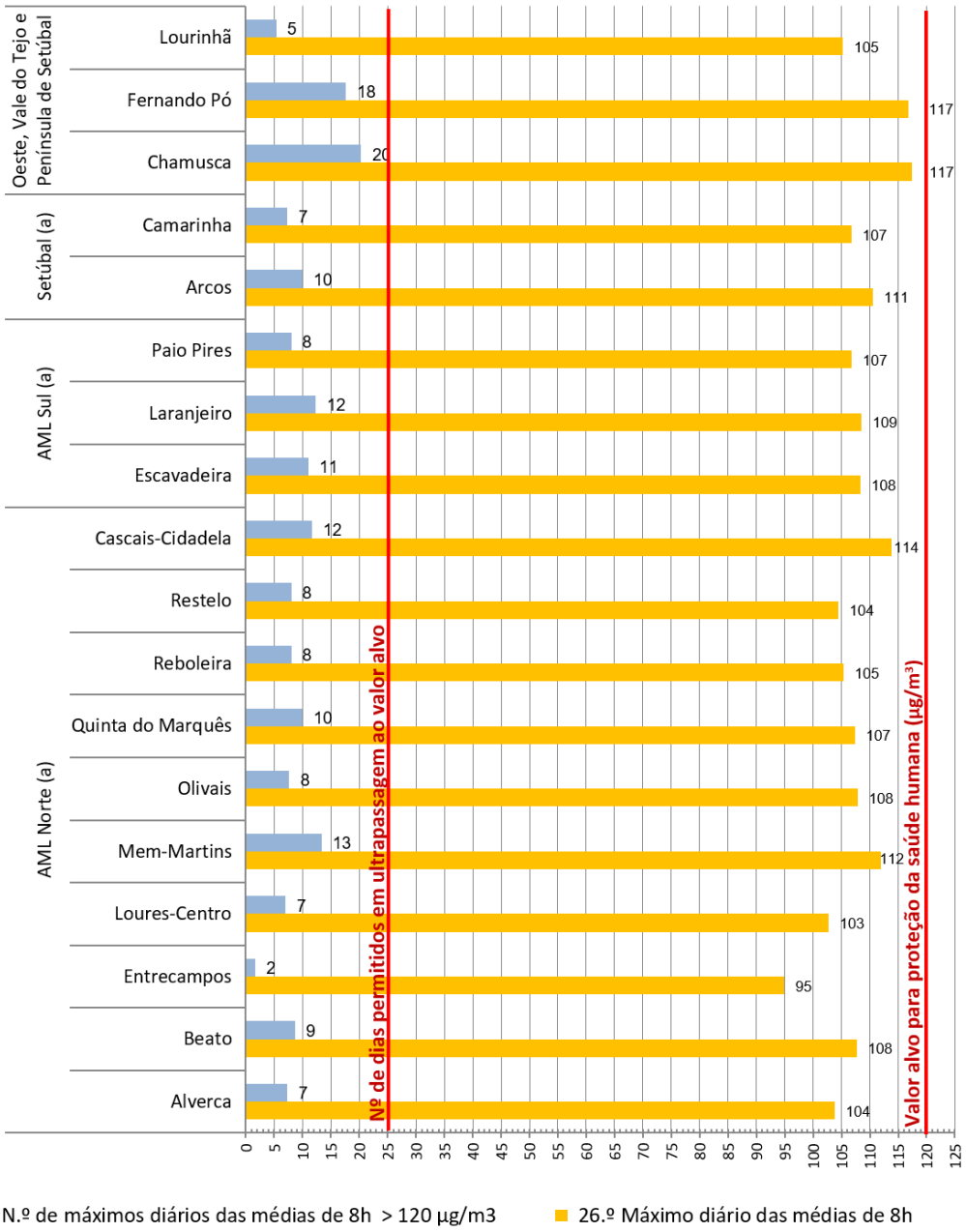
Para este poluente é também definido um objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana, igualmente avaliado através da concentração máxima diária das médias de períodos de oito horas, que tem por meta o cumprimento de um valor de 120 µg/m^3 em todos os dias do ano.

Está ainda definido para o O_3 um limiar de informação de 180 µg/m^3 e um limiar de alerta de 240 µg/m^3, 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. Por sua vez, o limiar de alerta corresponde ao nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana da população em geral. Quando esta situação ocorre, devem ser adotadas medidas imediatas, segundo as condições constantes do referido diploma.

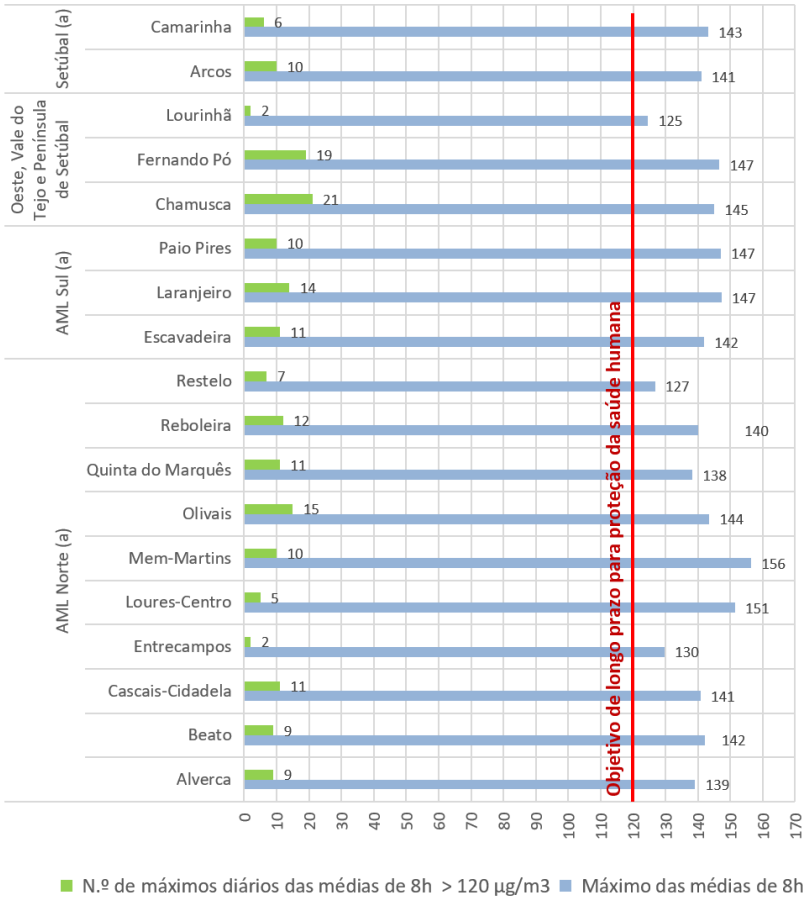
Na Figura 29 apresenta-se a avaliação da conformidade legal deste poluente nas estações da RMQA LVT, relativamente ao valor alvo para a proteção da saúde humana em 2025, correspondente à média dos anos 2023, 2024 e 2025. Da análise da figura verifica-se que, apesar dos níveis elevados, este valor foi respeitado em todas as estações da RMQA LVT, sendo de referir 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 dias com médias superiores a 120 µg/m^3 (20 dias) mais próximo do limite permitido (25 dias).

Figura 29. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 em 2025, para o valor alvo, para a proteção da saúde humana



Em 2025 o objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana foi ultrapassado em todas as estações da RMQA LVT (Figura 30).

Figura 30. Avaliação do objetivo de longo prazo para o O_3, para a proteção da saúde humana, em 2025



Na Tabela 2 apresentam-se as excedências ocorridas em 2025 ao limiar de informação de O_3. Estas excedências ocorreram em 10 estações localizadas na AML Norte, AML Sul e na Zona do Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal, nos dias 28, 29 e 30 de junho e a 3 e 13 de agosto. Segundo os Boletins Climatológicos do IPMA dos meses de junho e agosto, estas excedências ocorreram em períodos extremamente quentes, nos quais se observaram temperaturas médias e máximas do ar muito elevadas.

Tabela 2. Excedências ao limiar de informação nas estações da RMQA LVT em 2025

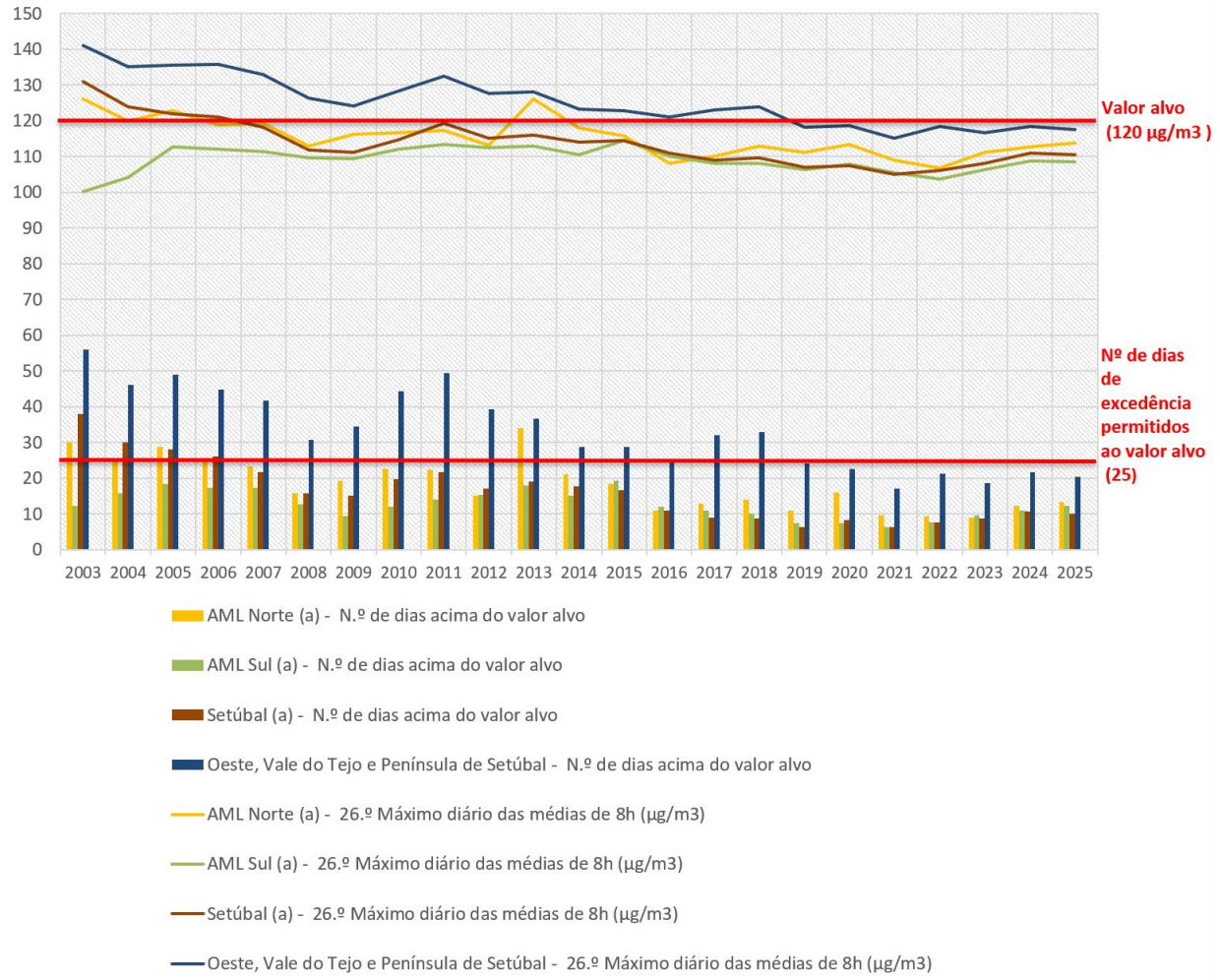
Zona	Data	28/06/2025		29/06/2025				30/06/2025		03/08/2025	13/08/2025	Nº de dias em ultrapassagem
	Hora	15:00	17:00	12:00	14:00	15:00	17:00	13:00	14:00	21:00	14:00	
AML Norte	Beato				200	209						2
	Olivais					185			182		182	3
	Restelo							200				1
	Reboleira			181				195				1
	Mem-Martins									200		1
	Quinta do Marquês	193										1
AML Sul	Escavadeira				183	200			196			3
	Laranjeiro				194				196			2
	Paio Pires		185			188			191		192	4
Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	Fernando Pó						193					1
Nº de estações em ultrapassagem		1	1	1	3	4	1	2	4	1	2	5 dias / 10 horas /20 excedências 10 estações

Relativamente à evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas, apresentada na Figura 31, é de registar que, desde 2003, os níveis máximos de O_3 de cada zona da RLVT não variaram significativamente de ano para ano, apesar de se notar uma ligeira tendência de decréscimo (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).

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).

Importa ainda salientar que não são registadas ultrapassagens ao valor alvo desde 2018. Contudo, os valores máximos verificados nas estações de cada zona permaneceram próximos desse valor.

Figura 31. Evolução do 26º máximo diário das médias de 8 horas (valor alvo) para o O_3 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)

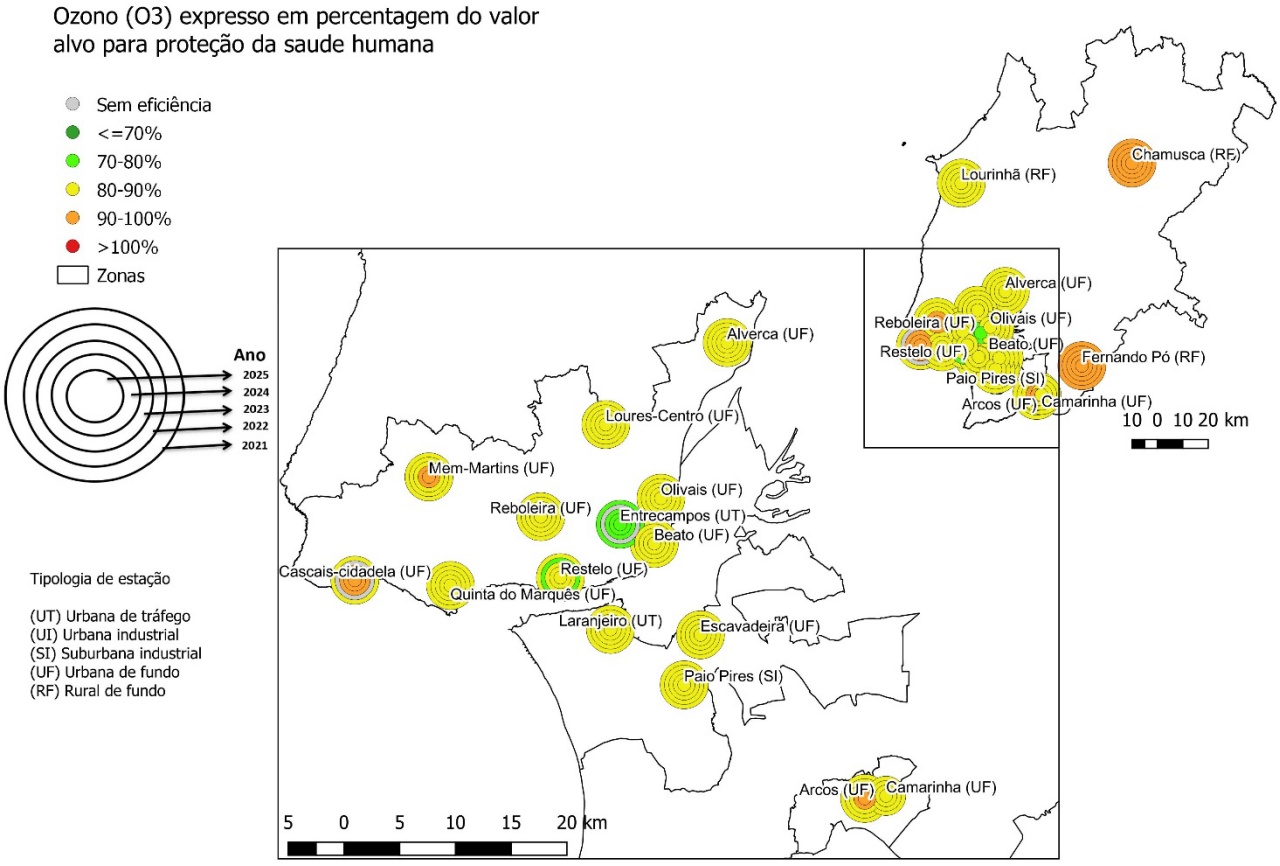


Nota: O valor de cada ano corresponde à média desse ano e dos 2 anos anteriores.

O mapa apresentado na Figura 32 ilustra a evolução das concentrações de O_3 nos últimos cinco anos (2021-2025), expressas em percentagem do valor alvo. Cada círculo representa um ano de dados para uma determinada estação de monitorização.

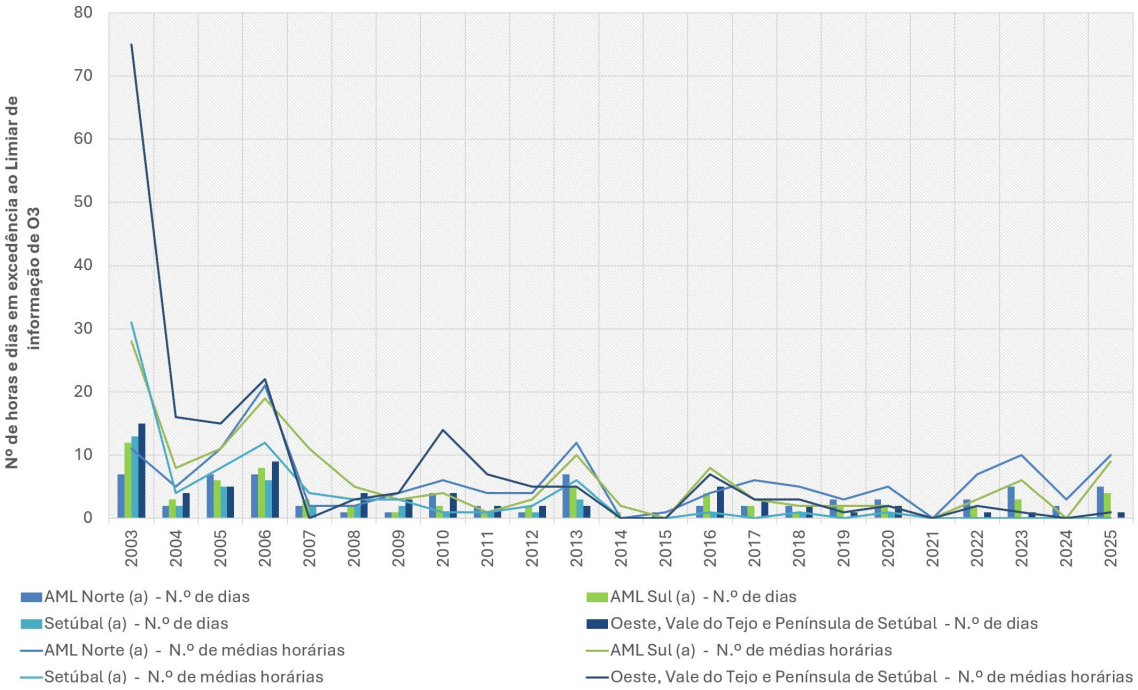
Os resultados confirmam que, durante este período, não se registaram ultrapassagens ao valor alvo em nenhuma estação. No entanto, destacam-se as estações de Fernando Pó e da Chamusca, onde as concentrações se mantiveram sistematicamente acima de 90% deste objetivo de qualidade do ar. Verifica-se ainda que todas as estações registaram valores superiores a 70% desse limiar, evidenciando que, apesar da ausência de incumprimentos, as concentrações observadas permaneceram relativamente próximas do valor alvo.

Figura 32. Mapa da evolução das concentrações de O_3 para a proteção da saúde humana, nos últimos 5 anos, nas estações da RMQA LVT, expressas em percentagem do valor alvo



Na Figura 33 apresentam-se as excedências ao limiar de informação nas estações da RMQA LVT nos últimos 23 anos. Embora não se observe uma tendência clara na evolução destes eventos, parece existir uma diminuição destes episódios. As ultrapassagens ao limiar de informação de O_3 ocorreram em maior número no período 2003-2006 e no ano de 2013, destacando-se o ano de 2021 como o único em que não se registaram excedências no período de 2003 a 2025.

Figura 33. Evolução do nº de dias e n.º de horas em ultrapassagem ao limiar de informação de O_3 nas zonas da RLVT (valor máximo das estações de cada zona)

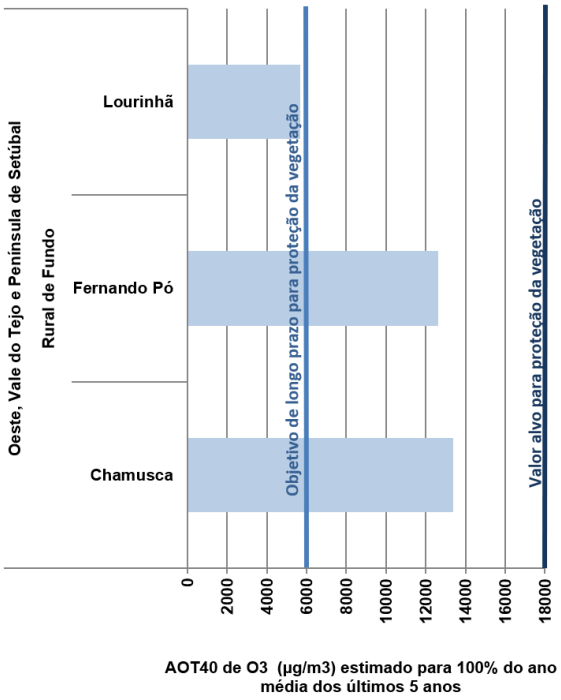


3.5.4 Análise da conformidade legal – Proteção da vegetação

Para o O_3 a legislação em vigor define, para a proteção da vegetação, um objetivo de longo prazo, de 6000 µg/m^3, avaliado pelo indicador AOT_{40}, e um valor alvo, de 18000 µg/m^3, avaliado também pelo indicador AOT_{40}, 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 34 apresenta-se a avaliação da conformidade legal das concentrações deste poluente em 2025 (média de 2021, 2022, 2023 e 2025) relativamente aos objetivos de proteção da vegetação (AOT_{40}), 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 três estações e a ultrapassagem do objetivo de longo prazo nas estações da Chamusca e de Fernando Pó.

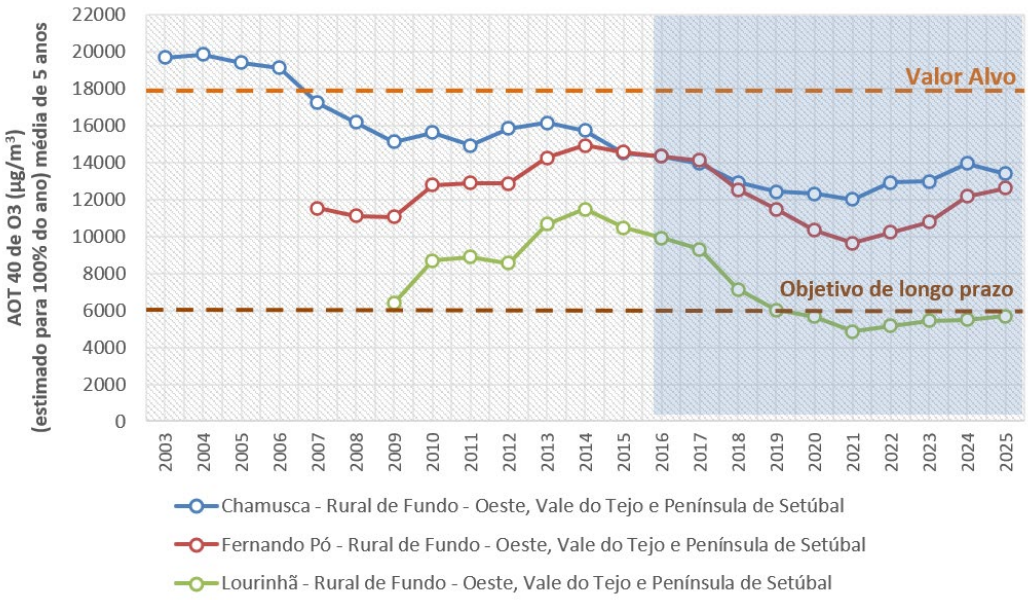
Figura 34. Avaliação da conformidade legal do poluente O_3 para a proteção da vegetação em 2025



Na Figura 35 apresenta-se a evolução do AOT_{40} de O_3 nas três estações rurais de fundo da RMQA LVT. Desde 2014 observa-se uma tendência de decréscimo deste indicador. Embora tenham ocorrido ultrapassagens ao valor alvo na estação da Chamusca entre 2003 e 2006, estas 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 2019.

Figura 35. Evolução do AOT40 de O_3



3.6 BENZENO (C_6H_6)

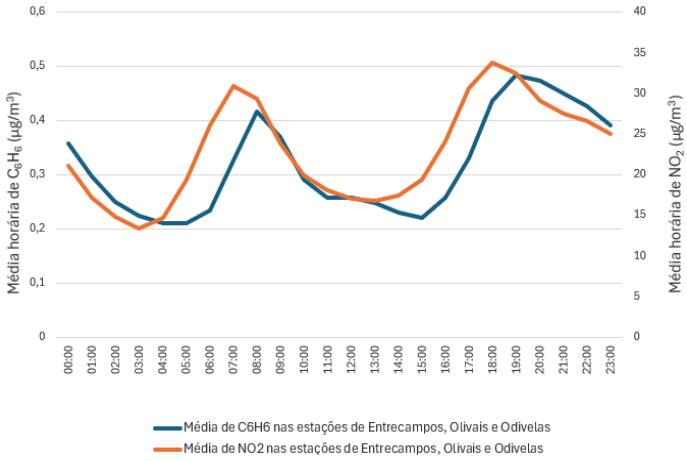
3.6.1 Origem do poluente

O benzeno (C_6H_6), juntamente com o tolueno, o etilbenzeno e o xileno, fazem parte da família dos compostos orgânicos voláteis (COV) correntemente designados por BTX. O C_6H_6 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. São emitidos para a atmosfera por evaporação ou durante a combustão, ao longo das fases de produção, armazenamento e utilização. O tráfego rodoviário é a principal fonte antropogénica de BTX, o que explica os níveis mais elevados observados em ambiente urbano, comparativamente com zonas rurais.

A Figura 36 apresenta a variação média diária das concentrações de C_6H_6 nas estações da RMQA LVT. Os dados mostram que os níveis deste poluente aumentam com a intensificação do tráfego rodoviário, atingindo os valores máximos durante os períodos de maior circulação automóvel, nomeadamente nas horas de ponta da manhã e da tarde. Esta variação é muito semelhante à observada para outros poluentes emitidos pelo tráfego automóvel, como o NO_2 e o CO, refletindo a influência destas emissões nas concentrações deste poluente.

Figura 36. Ciclo diário das concentrações de C_6H_6 e NO_2 nas estações de Entrecampos, Olivais e Odivelas



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. Podem 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 estabelece um valor limite anual de 5 µg/m³, tendo como indicador a média anual.

Em 2025, todas as estações da RMQA LVT, onde este poluente é monitorizado, apresentaram médias anuais significativamente inferiores ao valor limite. As estações urbanas de tráfego de Entrecampos, Odivelas-Ramada e Quebedo registaram médias anuais de 0,5 µg/m³, 0,3 µg/m³ e 0,4 µg/m³, respetivamente, ligeiramente superiores à média anual de 0,2 µg/m³observada na estação urbana de fundo dos Olivais.

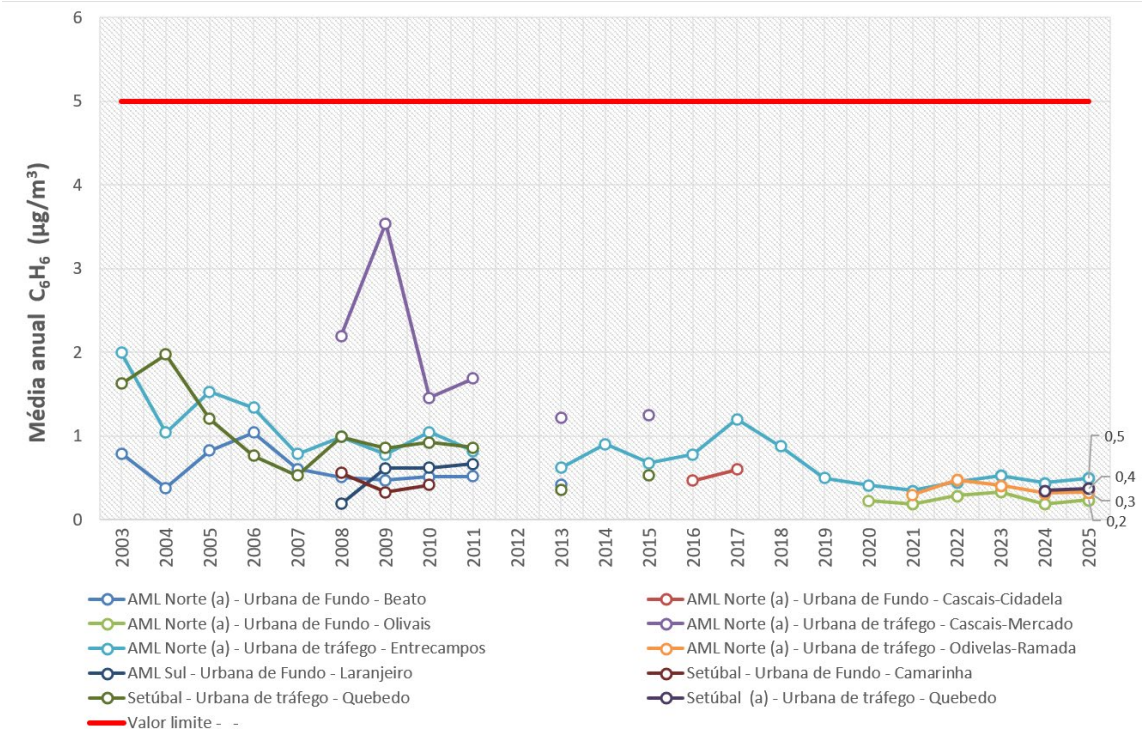
A Figura 37 apresenta a evolução da média anual de benzeno entre 2002 e 2025, considerando apenas as estações que, em cada ano, obtiveram a taxa mínima de recolha de dados exigida pela legislação em vigor para este poluente (35%). Ao longo de todo o período, os valores registados mantiveram-se sempre muito abaixo do valor limite legal.

Até 2011, o benzeno foi monitorizado em oito estações da RMQA LVT. Contudo, a partir de 2012, na sequência de um processo de reestruturação da rede, este número foi reduzido para quatro estações. Nos anos mais recentes, iniciaram-se medições nas estações dos Olivais e de Odivelas-Ramada e cessaram as medições nas estações do Beato e de Cascais-Cidadela.

A análise da evolução temporal das concentrações de benzeno tem sido parcialmente condicionada pela indisponibilidade de dados em alguns anos e estações, resultante de taxas de recolha inferiores ao mínimo legalmente exigido. Ainda assim, a estação de Entrecampos, que apresenta a série temporal mais consistente, revela uma tendência de decréscimo das médias anuais ao longo do período analisado.

Nos últimos anos, os níveis de benzeno registados nas várias estações foram muito baixos e não evidenciam variações significativas.

Figura 37. Evolução da média anual de benzeno



3.7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS FACE À REGULAMENTAÇÃO EUROPEIA PARA 2030 E AOS VALORES RECOMENDADOS PELA OMS

No âmbito do Plano de Ação da União Europeia para a Poluição Zero até 2050, integrado no Pacto Ecológico Europeu, foi aprovada a Diretiva (UE) 2024/2881 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2024, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. Esta diretiva reformula as anteriores Diretivas 2004/107/CE e 2008/50/CE, introduzindo normas significativamente mais exigentes e estabelecendo novas obrigações com vista ao seu cumprimento em 2030.

O principal objetivo desta diretiva consiste na aproximação progressiva das normas europeias aos valores guia de qualidade do ar recomendados pela OMS, atualizados em 2021 para os poluentes NO_2, SO_2, O_3, partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$ e CO, refletindo o conhecimento científico mais recente sobre os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana.

Na Tabela 3 é apresentada uma avaliação dos resultados obtidos nas estações de monitorização da RMQA LVT, no período de 2023 a 2025, para os vários poluentes medidos, face aos objetivos de qualidade do ar estabelecidos na nova diretiva de qualidade do ar ambiente, comparativamente com as normas nacionais e europeias atuais. Tendo em conta que as normas de qualidade do ar consideradas nesta nova diretiva deverão ser revistas periodicamente, a fim de avaliar as possibilidades de alinhamento com as recentes orientações da OMS, é ainda efetuada uma avaliação dos mesmos resultados face aos valores guia recomendados.

Tal como referido ao longo deste relatório, em 2025 não se verificou a situação de incumprimento que ainda persistia na RLVT relativa ao valor limite anual de NO_2. Este incumprimento verificava-se na estação da Avenida da Liberdade, representativa de uma zona da cidade de Lisboa com elevada densidade edificada e tráfego rodoviário intenso. Em 2025, esta estação registou uma concentração média anual de 40 µg/m^3, correspondente ao valor-limite atualmente em vigor, verificando-se, pela primeira vez desde o período pandémico, o cumprimento deste objetivo legal em todas as estações da rede.

Apesar da evolução favorável observada nos últimos anos, a distância entre os níveis de NO_2 atuais e os novos valores-limite definidos para 2030 continua a ser significativa, prevendo-se que o cumprimento do novo valor limite anual de NO_2 (50% inferior ao atual) e do valor limite diário represente um dos principais desafios para a região, sobretudo nas zonas de maior tráfego e densidade urbana de Lisboa. Esta realidade exigirá um reforço substancial das medidas para melhoria da qualidade do ar, particularmente uma redução substancial das emissões associadas ao setor dos transportes, bem como a implementação de medidas adicionais de mobilidade sustentável e de melhoria da eficiência do sistema de transportes.

Relativamente aos valores guia recomendados pela OMS, verifica-se que, nos anos analisados, diversas estações da RMQA LVT registaram concentrações superiores às recomendadas para os poluentes NO_2, $PM_{2.5}$, PM_{10} e O_3, sendo de notar, em 2025, uma redução no número de estações acima de vários dos valores guia de NO_2, face aos anos anteriores.

A situação mais preocupante verifica-se para o ozono, uma vez que, no período analisado, todas as estações da rede excederam os dois valores guia definidos pela OMS para este poluente. Também no caso do NO_2, apenas as estações rurais de fundo cumprem os valores guia, o que significa que toda a população da RLVT está exposta a níveis de O_3 superiores aos recomendados para proteção da saúde e toda a população urbana, a níveis excessivos de NO_2.

Relativamente às partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$, embora algumas estações tenham excedido os valores guia da OMS, as diferenças observadas são menos significativas que para o NO_2, e, em grande parte, atribuíveis à ocorrência de eventos naturais. As partículas transportadas durante estes episódios, podem ter efeitos adversos na saúde humana, dependendo da intensidade do fenómeno e da quantidade de material particulado que atinge os níveis de superfície. No entanto, por se tratar de fontes naturais, as suas emissões não são passíveis de controlo.

Tabela 3. Número de estações em ultrapassagem em 2023, 2024 e 2025 aos objetivos de qualidade do ar da legislação atual e aos objetivos propostos para 2030 (nova diretiva) e valores recomendados pela OMS

Poluente	Período	Regulamentação Europeia e Nacional em vigor				Regulamentação Europeia para cumprir em 2030				Recomendações da OMS			
		Valor ($\mu g/m^3$)	% de estações incumprimento			Valor ($\mu g/m^3$)	% de estações incumprimento			Valor guia ($\mu g/m^3$)	% de estações incumprimento		
			2023	2024	2025		2023	2024	2025		2023	2024	2025
NO_2	Horário	200 [a]	0%	0%	0%	200 [b]	0%	0%	0%	200 [i]	0	0	0
	Diário					50 [a]	13%	9%	13%	25 [c]	88%	87%	65%
	Anual	40	4%	4%	0%	20	17%	13%	17%	10	88%	83%	74%
PM_{10}	Diário	50 d	0%	0%	0%	45 a	0%	0%	0%	45 [c]	5%	95%	5%
	Diário com desconto EN [j]		0%	0%	0%		0%	0%	0%		0%	5%	0%
	Anual	40	0%	0%	0%	20	11%	10%	5%	15	79%	90%	5%
	Anual com desconto EN [j]		0%	0%	0%		0%	0%	0%		32%	35%	33%
$PM_{2,5}$	Diário					25 [a]	0%	0%	0%	15 [c]	89%	89%	63%
	Anual	25	0%	0%	0%	10	0%	0%	0%	5	56%	56%	50%
O_3	Max diário 8horas	120 [e]	0%	0%	0%	120 [a]	6%	6%	11%	100 c	100%	100%	100%
	AOT40	18 000	0%	0%	0%	18 000	0%	0%	0%				
	Pico sazonal [h]									60	100%	100%	100%
CO	Horário									35 000 [i]	0%	0%	0%
	Max diário 8horas	10 000 [e]	0%	0%	0%	10 000 [e]	0%	0%	0%	10 000 [i]	0%	0%	0%
	Diário					4 000 [a]	0%	0%	0%	4 000 [c]	0%	0%	0%
SO_2	Horário	350 [g]	0%	0%	0%	350 [b]	0%	0%	0%				
	Diário	125 [f]	0%	0%	0%	50 [a]	0%	0%	0%	40 [c]	0%	0%	0%
	Anual					20	0%	0%	0%				
C_6H_6	Anual	5	0%	0%	0%	3,4	0%	0%	0%	1,7 [i]	0%	0%	0%

[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

[j] com desconto EN: Aos valores médios diários de PM10 é deduzido o valor estimado como contributo do transporte de partículas dos desertos do Norte de África, considerado um evento natural

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA, FCT/UNL, (2024). Identificação e avaliação da ocorrência de eventos naturais em Portugal em 2025 – Relatório Anual. Agência Portuguesa do Ambiente. setembro de 2026. Disponível em: https://apambiente.pt/ar-e-ruido/relatorios-de-eventos-naturais

CCDR LVT; Barros, Nelson, (2026). Modelação do impacto da variação inter-anual das condições meteorológicas na qualidade do ar na região de Lisboa - 2002 a 2025. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo. abril 2026.

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. 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), (2025). Boletim Climatológico Mensal - junho 2025. Portugal Continental, Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20250721/bSdLZAZThHLdMJajLbQZ/cli_20250601_20250630_pcl_mm_co_pt.pdf

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), (2025). Boletim Climatológico Mensal - agosto 2025. Portugal Continental, Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20250918/ZcafqRKykNSKqDFJmsEK/cli_20250801_20250831_pcl_mm_co_pt.pdf

ANEXOS

Anexo I - Normas de qualidade do ar (D.L. n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua redação atual)

Definições

AOT40	Indicador de exposição cumulativa e a longo prazo da vegetação ao ozono, expresso em µg/m^3 por hora. AOT40 é a soma da diferença entre as concentrações horárias superiores a 80 µg/m^3 (= 40 partes por bilião) e o valor 80 µg/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 (NOX)	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.

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
	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 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 (O_3)	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 (C_6H_6)	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 2025

Zona	Tipo de Estação	Concelho	Designação	Taxa de recolha de dados (%)						
				NO_2	PM_{10}	O_3	CO	SO_2	$PM_{2,5}$	C_6H_6
Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	Urbana de Fundo	Amadora	Reboleira	93	91	100				
		Cascais	Cascais-Cidadela	97	99	98				
		Lisboa	Beato	95		93		91		
			Olivais	100	96	100	95	98	100	85
			Restelo	99		100				
		Loures	Loures-Centro	99	98	93				
		Oeiras	Quinta do Marquês	95	98	98				
		Sintra	Mem-Martins	99	98	94		99	98	
		Vila Franca de Xira	Alverca	100	86	97		99		
	Urbana de Tráfego	Lisboa	Avenida da Liberdade	96	99		97			
			Entrecampos	100	98	98	99	99	99	98
			Sta. Cruz Benfica	96	87		94			
		Odivelas	Odivelas-Ramada	94	97		89			100
Área Metropolitana de Lisboa Sul (a)	Suburbana Industrial	Seixal	Paio Pires	99	88	96		99	88	
	Urbana Industrial	Barreiro	Lavradio	99	94			99		
	Urbana de Fundo		Escavadeira	99	96	93		97		
			Fidalguinhos	50				*45*		
		Almada	Laranjeiro	88	99	98	88		98	
Setúbal (a)	Urbana de Fundo	Setúbal	Arcos	98	97	99	95			
			Camarinha	96	91	97		97	85	
	Urbana de Tráfego		Quebedo	*98*	97		97	96		91
Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	Rural de Fundo	Chamusca	Chamusca	99	99	99		96	99	
		Lourinhã	Lourinhã	99	97	89			80	
		Palmela	Fernando Pó	97	*95*	97		*91*	*90*	

Nota: (a) aglomeração

