



Qualidade do Ar na Região do Alentejo

RELATÓRIO 2024

Rede de Monitorização da
Qualidade do Ar do Alentejo

AGOSTO 2025

Índice

ÍNDICE	2
ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABELAS	4
ACRÓNIMOS, UNIDADES E SÍMBOLOS	5
NORMAS E CONCEITOS.....	6
<i>Normas de qualidade do ar</i>	<i>6</i>
1. ENQUADRAMENTO	8
1.1 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO	8
2. CONTEXTUALIZAÇÃO METEOROLÓGICA DO ANO	10
2.1 TEMPERATURAS E ONDAS DE CALOR	10
2.2 PRECIPITAÇÃO E SECA METEOROLÓGICA	10
2.3 EVENTOS DE TRANSPORTE DE POEIRAS DO NORTE DE ÁFRICA	11
2.4 CONCLUSÃO	11
3. REDE DE MONITORIZAÇÃO.....	12
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA REDE E DAS ESTAÇÕES	12
3.2 POLUENTES MONITORIZADOS E CONFIGURAÇÃO DA REDE.....	13
3.3 METODOLOGIA DE MONITORIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE DADOS.....	14
4.POLUENTES	16
4.1 ÓXIDOS DE AZOTO (NO ₂ E NO _x).....	16
4.2. DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO ₂).....	21
4.3. OZONO (O ₃).....	26
4.4. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	34
4.5. MATERIAL PARTICULADO (PM ₁₀ E PM _{2,5}).....	36
4.6. BENZENO (C ₆ H ₆).....	43
4.7 AVALIAÇÃO GLOBAL E EFICIÊNCIA DA RQMAA.....	46
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

Índice de figuras

Figura 1 - Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDR Alentejo, I.P.	13
Figura 2 - Conformidade legal do NO ₂ para o Valor Limite Horário	19
Figura 3 - Conformidade Legal do NO ₂ para o Valor Limite Anual.....	20
Figura 4 – Conformidade legal do NO _x para o Valor Limite Anual	21
Figura 5 - Conformidade legal do SO ₂ para o Valor Limite Horário	24
Figura 6 - Conformidade legal do SO ₂ para o Valor Limite Diário	24
Figura 7 - Conformidade legal do SO ₂ para o Nível Crítico	25
Figura 8 - Conformidade legal do O ₃ para o Valor-Alvo para os últimos 3 anos.....	30
Figura 9 - Conformidade legal do O ₃ relativamente ao nº máximo de ultrapassagens permitidas ao Valor-Alvo	30
Figura 10 - Conformidade legal do O ₃ para o Objetivo a Longo Prazo	31
Figura 11 - Conformidade legal do O ₃ relativamente ao nº de ultrapassagens permitidas para Objetivo a Longo Prazo.....	31
Figura 12 - Conformidade legal do O ₃ para o Valor Limiar de Informação ao Público e para o Valor Limiar de Alerta.....	32
Figura 13 - Conformidade legal do O ₃ para o Valor-Alvo	33
Figura 14 - Conformidade legal do CO para o Valor Limite	36
Figura 15 - Conformidade legal do PM ₁₀ para o Valor Limite Diário	41
Figura 16 - Conformidade legal do PM ₁₀ relativamente ao nº de ultrapassagens permitidas para o Valor Limite Diário.....	41
Figura 17 - Conformidade legal do PM ₁₀ para o Valor Limite Anual.....	42
Figura 18 - Conformidade legal do PM _{2,5} para o Valor Limite Anual	43
Figura 19 - Conformidade legal do C ₆ H ₆ para o Valor Limite Anual.....	46

Índice de tabelas

Tabela 1 - Influência dos fatores meteorológicos na qualidade do ar no Alentejo em 2024.	11
Tabela 2 - Caracterização da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Alentejo.....	13
Tabela 3 - Valores normativos legais para o poluente NO ₂	17
Tabela 4 - Valores normativos legais para o poluente NO _x	18
Tabela 5 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de NO ₂ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana	18
Tabela 6 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de NO _x em relação aos valores normativos para proteção da vegetação.	20
Tabela 7 - Valores normativos legais para o poluente SO ₂	22
Tabela 8 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de SO ₂ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana	23
Tabela 9 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de SO ₂ em relação aos valores normativos para proteção da vegetação	25
Tabela 10 - Valores normativos para o poluente O ₃	27
Tabela 11 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de O ₃ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana	29
Tabela 12 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de O ₃ em relação aos valores normativos para proteção da vegetação	33
Tabela 13 - Valores normativos legais para o poluente CO.....	34
Tabela 14 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de CO em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana	35
Tabela 15 - Valores Normativos legais para as partículas PM ₁₀	37
Tabela 16 - Valores normativos legais para as partículas PM _{2,5}	38
Tabela 17 - Avaliação da conformidade legal de níveis de PM ₁₀ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana	38
Tabela 18 - Dias com ultrapassagens ao Valor Limite Diário de PM ₁₀ nas estações da RMQAA.....	40
Tabela 19 - Avaliação da conformidade legal dos níveis de PM _{2,5} em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana	42
Tabela 20 - Valores normativos legais para o poluente C ₆ H ₆	45
Tabela 21 - Avaliação da conformidade legal dos níveis de C ₆ H ₆ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana	45
Tabela 22 - Conformidade Global para a proteção da saúde humana	48
Tabela 23 - Conformidade Global para proteção da vegetação	49
Tabela 24 - Conformidade legal com a regulamentação europeia e nacional em vigor, metas europeias para 2030 e recomendações da OMS	51

Acrónimos, unidades e símbolos

As - Arsénio

AOT40 (*Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb*).

C6H6 - Benzeno

CCDR - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

Cd - Cádmio

CE - Comissão Europeia

CO - Monóxido de Carbono

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

Hg - Mercúrio

HPAs - Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos no Ar Ambiente

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LIA – Limiares Inferiores de Avaliação

LSA – Limites Superiores de Avaliação

NC - Nível Crítico

Ni - Níquel

NO₂ - Dióxido de Azoto

NO_x - Óxidos de Azoto

O₃ – Ozono

OMS - Organização Mundial de Saúde

PM₁₀ - Partículas em Suspensão

PM_{2,5} - Partículas em Suspensão

QualAr - Sistema Nacional de Informação da Qualidade do Ar

REA - Relatório do Estado do Ambiente

RMQA - Rede de Monitorização da Qualidade do Ar

RMQAA - Rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Alentejo

SO₂ - Dióxido de Enxofre

UE - União Europeia

UV - Radiação ultravioleta

WCDMP - *World Climate Data and Monitoring Programme* (Organização Meteorológica Mundial)

VA – Valor-Alvo

VL - Valor limite

VLA - Valor limite anual

VLD - Valor limite diário

VLH - Valor limite horário

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)

Normas e Conceitos

Normas de qualidade do ar

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

Conceitos

Aglomeração	Uma zona que constitui uma conurbação caracterizada por um número de habitantes superior a 250 000 ou em que o número de habitantes se situe entre os 250 000 e os 50 000 e tenha uma densidade populacional superior a 500 hab/km ² ;
Avaliação	Qualquer método utilizado para medir, calcular, prever ou estimar níveis de poluentes;
Composto orgânico volátil	Compostos orgânicos com origens antropogénica e biogénica, não incluindo o metano, que podem produzir oxidantes fotoquímicos por reação com óxidos de azoto na presença da luz solar;
Contribuições provenientes de fontes naturais	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;
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	Os compostos orgânicos, formados pelo menos por dois anéis aromáticos fundidos, inteiramente constituídos por carbono e hidrogénio;
Onda de calor (HWDI – Heat Wave Duration Index)	Ocorrência de pelo menos seis dias consecutivos com temperatura do ar 5 °C ou mais acima dos valores médios de referência;
Onda de frio (CWDI – Cold Wave Duration Index)	Sequência de pelo menos seis dias consecutivos com temperatura do ar 5 °C ou mais abaixo dos valores médios de referência;
Poluente	Qualquer substância presente no ar ambiente que possa ter efeitos nocivos na saúde humana e ou no ambiente;
Substâncias precursoras de ozono	Substâncias que contribuem para a formação de ozono na baixa troposfera;
Zona	A área geográfica de características homogéneas, em termos de qualidade do ar, ocupação de solo e densidade populacional delimitada para fins de avaliação e gestão da qualidade do ar.

1. Enquadramento

A Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo, I.P. (CCDR Alentejo, I.P.) é a entidade responsável pela gestão e validação dos dados da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar (RMQA) na região Alentejo. Esta rede integra-se no Sistema Nacional de Informação da Qualidade do Ar (QualAr) e assegura a monitorização contínua dos principais poluentes atmosféricos e o cumprimento da aplicação das políticas de ambiente e das normas europeias e nacionais em matéria de qualidade do ar.

De acordo com a Diretiva Quadro da Qualidade do Ar, a monitorização da qualidade do ar visa avaliar, de forma sistemática, as concentrações dos principais poluentes atmosféricos, identificar eventuais ultrapassagens dos valores limite definidos por lei bem como acompanhar a eficácia das políticas de mitigação.

Assim sendo, o presente relatório tem como objetivo apresentar a avaliação da qualidade do ar na Região Alentejo referente ao ano de 2024, com base nos dados obtidos nas estações de monitorização e na verificação da sua conformidade com os valores limite de referência definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

1.1 Enquadramento legislativo

No sentido de priorizar a preservação da qualidade do ar, a União Europeia tem vindo, desde os anos 80, a estabelecer um quadro legislativo consolidado através da Diretiva 96/62/CE, do Conselho, de 27 de setembro - designada “Diretiva Quadro da Qualidade do Ar” - e das suas diretivas complementares posteriormente transpostas para o ordenamento jurídico nacional, nomeadamente:

- Decreto-Lei (DL) n.º 276/99, de 23 de julho, com a redação que lhe foi dada pelo DL n.º 279/2007, de 6 de agosto - transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva 96/62/CE do Conselho, de 27 de Setembro, também denominada Diretiva Quadro da Qualidade do Ar ou, informalmente, “diretiva mãe”, que deu depois origem a quatro diretivas “filhas” (que foram vertidas para o ordenamento jurídico nacional através dos DL n.º 111/2002, de 16 de abril, DL n.º 320/2003, de 20 de dezembro, e DL n.º 351/2007, de 23 de outubro).
- Decreto-Lei n.º 320/2003, de 20 de dezembro, que transpõe a Diretiva 2002/3/CE, relativa à avaliação e gestão do ozono (O₃) no ar ambiente. Este diploma é fundamental para a gestão do poluente considerado um dos principais no contexto da qualidade do ar.
- No sentido de garantir a aplicação dos princípios estabelecidos pela Diretiva 96/62/CE do Conselho, de 27 de setembro (DQQA) e pelas suas diretivas complementares, transpostas para o ordenamento jurídico nacional através do Decreto-Lei n.º 276/99, de 23 de julho, com as alterações do DL n.º 279/2007, são definidos procedimentos específicos para as chamadas Zonas e Aglomerações. Estas funcionam como unidades territoriais de gestão e monitorização, às quais são aplicados os

procedimentos de avaliação previstos, com base nos limiares inferiores e superiores de avaliação (LIA e LSA) de cada poluente, associados a cada valor limite (VL) estabelecido na legislação vigente.

- Decreto-Lei nº 102/2010, de 23 de setembro - na sua atual redação transpõe para o direito interno a:
 - Diretiva nº 2008/50/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa, que define normas e objetivos de qualidade do ar para poluentes específicos - partículas em suspensão (PM₁₀ e PM_{2,5}), óxidos de azoto (NO_x), NO₂, ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), benzeno (C₆H₆) e um conjunto de outros poluentes
 - e a Diretiva 2004/107/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de dezembro, relativa ao Arsénio (As), ao Cádmio (Cd), ao Mercúrio (Hg), ao Níquel (Ni) e aos Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos no Ar Ambiente (HPA). De referir que estes novos poluentes, neste momento, são avaliados e monitorizados a nível nacional pela APA, IP. Este diploma estabelece o regime jurídico aplicável à avaliação e gestão da qualidade do ar, consolidando num único quadro normativo as disposições anteriormente dispersas.

É ainda o DL n.º 102/2010, na sua atual redação, que atribui às CCDR, IP competências no domínio da avaliação e gestão da qualidade do ar, incluindo:

- a garantia da qualidade e validação das medições efetuadas na sua área de jurisdição;
- a comunicação das excedências aos limiares de informação e alerta;
- a disponibilização de informação pública atualizada;
- a elaboração e acompanhamento de planos e programas de melhoria da qualidade do ar;
- E a emitir parecer relativo às redes de medição privada.

2. Contextualização Meteorológica do Ano

O ano de 2024 apresentou uma série de condições climáticas incomuns e eventos meteorológicos significativos, de acordo com a informação disponível na Agência Portuguesa do Ambiente, IP, (APA) e do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) que tiveram um impacto direto e relevante sobre a qualidade do ar na Região do Alentejo. A variabilidade atmosférica observada durante este período, incluindo fenómenos como ondas de calor prolongadas, períodos de seca intensa e episódios de precipitação irregulares, contribuiu para ajustar os padrões de dispersão e concentração dos poluentes atmosféricos.

A compreensão detalhada das condições meteorológicas predominantes é fundamental para interpretar adequadamente as medições e análises da qualidade do ar apresentadas nos capítulos subsequentes. Não se pode deixar de referir que a existência de eventos meteorológicos extremos podem agravar ou mitigar a presença de contaminantes no ar, influenciando diretamente a saúde pública, os ecossistemas locais e a eficácia das políticas ambientais.

2.1 Temperaturas e Ondas de Calor

O ano de 2024 caracterizou-se por um ano com condições meteorológicas excecionalmente quentes em Portugal Continental, incluindo a região do Alentejo. Este ano foi considerado, pela APA, IP (Relatório do Estado do Ambiente - REA) e pelo IPMA, como o 4.º mais quente desde 1931, apresentando valores médios de temperatura do ar significativamente superiores à normal climatológica de referência (1981–2010) (Agência Portuguesa do Ambiente [APA], 2024; IPMA, 2025).

Ao longo de 2024 foram registadas oito ondas de calor, distribuídas ao longo do ano - duas no inverno, quatro na primavera e duas no verão - afetando grande parte do território continental. Estes episódios de calor prolongado e repetido criaram condições favoráveis à estabilidade atmosférica e ao aumento da radiação solar, fatores que contribuem para a formação e acumulação de poluentes fotoquímicos, nomeadamente o ozono troposférico (O₃) (APA, 2024).

2.2 Precipitação e Seca Meteorológica

Já no que respeita à precipitação, o ano de 2024 apresentou valores globalmente inferiores à média climatológica, com uma distribuição irregular ao longo do ano. De acordo com o REA de 2025, a precipitação anual registada em 2024 foi uma das mais baixas desde 2000, com apenas 70 % da chuva do ano concentrada em quatro meses (janeiro, fevereiro, março e outubro). Um destaque para o mês de dezembro de 2024 que foi extremamente seco, registando níveis de precipitação muito inferiores ao normal e contribuindo para um aumento da área afetada pela seca meteorológica.

Estas condições de seca reduzem a humidade do solo e a renovação atmosférica, diminuindo a capacidade de dispersão dos poluentes atmosféricos, sobretudo das partículas em suspensão (PM₁₀ e PM_{2,5}), o que favorece a sua persistência nas camadas mais baixas da atmosfera.

2.3 Eventos de Transporte de Poeiras do Norte de África

Durante 2024 ocorreram eventos de transporte de poeiras do deserto do Norte de África que afetaram a Península Ibérica e Portugal. Um desses episódios ocorreu no final de março de 2024, quando massas de ar carregadas de poeiras saarianas atingiram o território nacional, originando aumentos temporários das concentrações de partículas em suspensão, em particular de PM₁₀, também na região do Alentejo (NASA *Earth Observatory*, 2024).

Estes eventos de origem natural embora variem em intensidade e duração ao longo da região, podem provocar pontuais picos nas concentrações de partículas em suspensão (especialmente PM₁₀), com impactos temporários na visibilidade e efeitos na saúde especialmente para grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com patologias respiratórias), pelo que devem ser considerados na interpretação dos resultados anuais.

2.4 Conclusão

Em conjunto, os episódios de ondas de calor repetidos, os períodos de seca e os eventos de transporte de poeiras do Norte de África constituem fatores meteorológicos relevantes para a compreensão dos padrões de qualidade do ar observados no Alentejo em 2024. Estas condições influenciaram a formação, acumulação e dispersão de poluentes atmosféricos, sendo particularmente importantes na interpretação dos dados de poluentes apresentados nos capítulos subsequentes, nomeadamente:

Tabela 1 - Influência dos fatores meteorológicos na qualidade do ar no Alentejo em 2024

Evento meteorológico / natural	Período(s)	Caracterização	Poluentes mais influenciados	Impacto esperado na qualidade do ar
Ondas de calor	Inverno, primavera e verão	Oito ondas de calor registadas em Portugal Continental, com temperaturas persistentemente elevadas	O ₃	Aumento da formação de ozono durante períodos quentes
Temperaturas elevadas persistentes	Ao longo do ano	4.º ano mais quente desde 1931	O ₃ , PM	Intensificação de processos fotoquímicos e acumulação de poluentes
Seca meteorológica	Especialmente no 2.º semestre	Precipitação abaixo da média, com agravamento no final do ano	PM ₁₀ , PM _{2,5}	Menor dispersão atmosférica e maior persistência de partículas
Transporte de poeiras do Norte de África	Episódios pontuais (ex.: março)	Entrada de massas de ar carregadas de poeiras saarianas	PM ₁₀ (principalmente)	Aumentos temporários de partículas de origem natural

Fonte: *Elaboração própria*

3. Rede de Monitorização

3.1 Caracterização da Rede e das Estações

A Rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Alentejo (RMQAA) é composta por cinco estações fixas distribuídas estrategicamente na região Alentejo, assegurando a representatividade das diferentes tipologias territoriais e fontes de emissão existentes.

A RMQAA foi originalmente concebida nos anos 80 pelo então Gabinete da Área de Sines (GAS) para acompanhar as emissões associadas à plataforma industrial de Sines. Essa rede, salvo algumas atualizações, ainda se mantém em funcionamento sob a supervisão da CCDR Alentejo, IP.

A definição das zonas e localização das estações baseou-se em critérios legais e técnicos tais como densidade populacional, orografia, uso do solo, padrões de emissão e condições meteorológicas, - de onde resultou a delimitação de duas zonas: **Alentejo Litoral** e **Alentejo Interior**. Esta organização territorial está alinhada com o enquadramento legislativo aplicável, facilitando a avaliação e gestão adequada da qualidade do ar na região.

A RMQAA é composta por cinco estações fixas (Figura 1), localizadas nos concelhos de Santiago do Cacém, Sines e Alandroal. As estações estão implantadas em ambientes rurais, suburbanos e urbanos, com tipologias de fundo e industrial, assegurando a representatividade das diferentes exposições da população à poluição atmosférica.

As estações representam as seguintes características, segundo as suas tipologias de influência:

- **Estações industriais** (Monte Chãos, Santiago do Cacém e Sonega): situadas na proximidade de zonas industriais ou em zonas sob a influência das suas emissões. Permitem conhecer as concentrações máximas de certos poluentes de origem industrial, aos quais a população pode estar pontualmente exposta.
- **Estações rurais de fundo** (Monte Velho e Terena): situadas fora da influência direta de qualquer fonte próxima de poluição e de zonas densamente habitadas, permitindo avaliar a exposição da população e dos ecossistemas à poluição atmosférica de fundo. As concentrações registadas têm normalmente origem natural ou são devidas ao transporte a longa distância à escala regional.

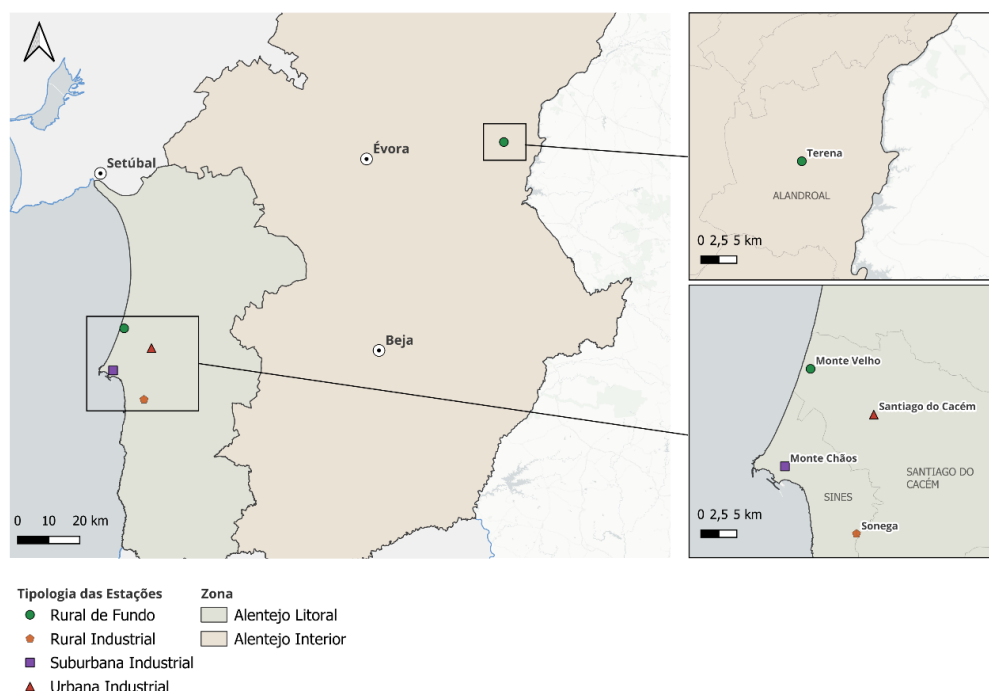


Figura 1 - Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDR Alentejo, I.P.

Fonte: Elaboração própria

3.2 Poluentes Monitorizados e Configuração da Rede

Nos termos da legislação em vigor, as estações de monitorização da qualidade do ar da responsabilidade da CCDR Alentejo, IP, realizam medições em contínuo e estão apetrechadas com analisadores que medem poluentes regulamentados - NO, NO₂, NO_x, partículas PM₁₀ e PM_{2,5}, O₃, CO, SO₂ e C₆H₆ -, para os quais a legislação comunitária e nacional define níveis de referência que não devem ser ultrapassados. Na tabela 2 são apresentados os poluentes atmosféricos medidos em cada estação.

Tabela 2 - Caracterização da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Alentejo

Zona	Estação	Tipo de estação	Concelho	Poluentes medidos								
				NO	NO ₂	No _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	CO	C ₆ H ₆
Alentejo Litoral	Monte Chãos	Suburbana Industrial	Sines	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Monte Velho	Rural de Fundo	Santiago do Cacém	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
	Santiago do Cacém	Urbana Industrial	Santiago do Cacém	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
	Sonega	Rural Industrial	Sines	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Alentejo Interior	Terena	Rural de Fundo	Alandroal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗



Poluente medido com regime de monitorização fixa



Poluente não medido

Fonte: Elaboração própria

A configuração da RMQAA reflete os critérios técnicos e legais associados à tipologia das estações, às fontes emissoras predominantes e à representatividade territorial de cada local de medição. Assim sendo, a monitorização de determinados poluentes encontra-se limitada a estações específicas, - de que são exemplo os poluentes CO e C₆H₆ - consideradas representativas para a avaliação do respetivo risco, não estando prevista a medição de todos os poluentes regulamentados em todas as estações. Desta forma faz-se uma utilização otimizada dos recursos disponíveis e assegura-se uma avaliação adequada da qualidade do ar à escala regional.

No que se refere ao CO, dada as possíveis origens e à necessidade de renovação da estação de Santiago do Cacém, a sua monitorização foi aqui colocada pois passou a ser a estação que reuniu as condições para se alocar a análise deste poluente

Já no que se refere ao C₆H₆, é um poluente predominantemente urbano e não faz sentido colocar noutras estações, ficando só, a título de salvaguarda, na estação de Monte Chãos, localizada entre a cidade de Sines e o pólo mais industrial da região Alentejo.

3.3 Metodologia de Monitorização e Validação de Dados

A avaliação da qualidade do ar ambiente, nos termos do disposto no artigo 6.º do DL n.º 102/2010 na sua redação atual, pode ser realizada através de diferentes técnicas de avaliação, selecionadas em função dos objetivos e requisitos legais aplicáveis, nomeadamente:

- **Medições fixas**, usando métodos de referência ou equivalentes - são medições efetuadas num local fixo, quer de modo contínuo quer por amostragem aleatória, a fim de determinar os níveis de acordo com os objetivos de qualidade dos dados;
- **Medições indicativas** - são medições que respeitam objetivos de qualidade dos dados menos rigorosos do que os definidos para as medições fixas;
- **Modelação** - é uma técnica de simulação dos fenómenos que ocorrem na natureza, que permite estimar a concentração dos poluentes num conjunto de pontos com base num conjunto de variáveis que a influenciam;
- **Estimativas objetivas** - são métodos de avaliação que permitem estimar concentrações respeitando objetivos de qualidade menos exigentes que a modelação, sendo adequados para situações em que não é necessária elevada precisão.

A técnica de avaliação utilizada pela CCDR Alentejo, IP na sua RMQAA é a **medição fixa em contínuo**, realizada através de analisadores automáticos certificados de acordo com a legislação europeia e nacional em vigor.

Os objetivos de qualidade dos dados, bem como os métodos aplicados ao registo de cada poluente, seguem os métodos de referência aprovados no diploma legal aplicável, assegurando a comparabilidade dos dados a nível europeu e nacional. Compete à APA analisar e validar as metodologias utilizadas na avaliação da qualidade do ar.

As medições são efetuadas com base nos seguintes princípios metodológicos:

- **Recolha, transmissão e armazenamento de dados** via sistemas automáticos que permitem o tratamento centralizado pela CCDR Alentejo, IP e pela APA, dependendo dos poluentes a analisar.
- **Registo contínuo de dados**, com médias calculadas nos intervalos regulamentares (horários, diários).
- **Calibração regular dos analisadores**, complementada por calibrações manuais periódicas realizadas por técnicos especializados.
- **Procedimentos de verificação e validação** que incluem deteção de anomalias, controlo de valores extremos, identificação de períodos de manutenção e verificação de coerência temporal.

A metodologia segue as orientações europeias para redes de monitorização e integra práticas de garantia e controlo de qualidade que asseguram a representatividade, comparabilidade e consistência temporal dos dados.

No âmbito da avaliação da qualidade do ar, a verificação da conformidade legal dos resultados está condicionada ao cumprimento das taxas mínimas de eficiência de recolha de dados definidas no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua atual redação. Regra geral, é exigida uma taxa mínima anual de 85 % de dados válidos para que os resultados sejam considerados representativos para efeitos de avaliação regulamentar, constituindo exceção o poluente benzeno (C_6H_6), para o qual a legislação estabelece uma taxa mínima de 35 %, atendendo à sua metodologia específica de monitorização.

Assim sendo, e sempre que uma estação ou um determinado parâmetro não atinge a taxa mínima de eficiência exigida, - na maioria dos casos devido a avarias prolongadas dos analisadores, - os dados correspondentes são considerados não conformes do ponto de vista regulamentar. Nestes casos, optou-se por apresentar os resultados exclusivamente a título indicativo, não sendo utilizados na verificação do cumprimento dos Valores Limite, Valores Alvo ou outros critérios legais, encontrando-se devidamente assinalados em tabelas e gráficos (a cinzento), de forma a assegurar a transparência da informação. Esta abordagem permitiu assegurar a disponibilização integral da informação, salvaguardando simultaneamente o rigor técnico e a correta interpretação dos resultados.

No que se refere à verificação do cumprimento dos objetivos de qualidade do ar definidos para a proteção da vegetação - aplicáveis aos poluentes SO_2 , NO_x e O_3 -, esta é efetuada exclusivamente nas estações classificadas como rurais de fundo, nomeadamente Monte Velho e Terena. Nos termos regulamentares em vigor, a avaliação destes objetivos aplica-se a áreas específicas, localizadas a mais de 20 km das aglomerações e a mais de 5 km de outras zonas urbanizadas, instalações industriais ou autoestradas ou estradas principais com um tráfego superior a 50 000 veículos por dia.

4. Poluentes

4.1 Óxidos de Azoto (NO₂ e NO_x)

4.1.1. Descrição e origem do poluente

Os óxidos de azoto (NO_x) englobam diversos compostos formados por azoto e oxigénio, como o monóxido de azoto (NO), o dióxido de azoto (NO₂) e o óxido nitroso (N₂O), entre outros. Dentre estes, o NO e o NO₂ destacam-se por serem os principais poluentes atmosféricos, sendo o NO₂ o único alvo de regulamentação da qualidade do ar para proteção da saúde humana.

Os NO_x são essencialmente subprodutos da combustão de combustíveis fósseis de altas temperaturas. As principais fontes de emissão incluem:

- Centrais termoelétricas, transportes rodoviários, navios e processos de fabrico que envolvam a utilização de azoto (N). Tem-se como exemplo a indústria química de produção de fertilizantes.
- Em áreas urbanas, os transportes são a principal fonte de NO_x, pelo que os níveis deste poluente são fortemente associados ao tráfego rodoviário.
- Entre as fontes naturais destacam-se as trovoadas e os incêndios florestais.

Nos motores de combustão interna, a maior parte das emissões ocorre sob a forma de NO, que posteriormente se converte em NO₂ por reações atmosféricas. A oxidação do NO pelo O₂ é lenta, o que permite a persistência deste gás na atmosfera por períodos relativamente longos.

O NO é um gás incolor, inodoro e pouco tóxico, não sendo considerado perigoso nas concentrações normalmente presentes na atmosfera. No entanto, o NO atua como precursor do NO₂, sendo este formado pela oxidação do NO através das reações com o Oxigénio (O₂) ou com o ozono (O₃).

O NO₂ é um gás acastanhado, facilmente detetável pelo seu odor intenso, altamente corrosivo e um potente agente oxidante que assume particular relevância e por isso é o único composto deste grupo com valores-limite definidos para a proteção da saúde humana.

4.1.2. Efeitos na saúde e no ambiente

No que se refere aos efeitos na **saúde humana**, a exposição a níveis elevados de dióxido de azoto (NO₂) pode provocar diversos efeitos negativos na saúde, que variam desde desconforto nos olhos e garganta até a problemas mais graves como inflamação respiratória, redução da capacidade pulmonar, dor torácica e lesões nos tecidos e no sistema nervoso central. O NO₂ também pode intensificar as reações alérgicas provocadas por elementos naturais presentes no ar. Alguns desses sintomas podem não se manifestar de forma imediata, surgindo apenas horas depois da exposição.

As populações mais suscetíveis incluem crianças, pessoas com asma e indivíduos que sofrem de doenças respiratórias crónicas, como a bronquite.

Dada a sua natureza, os efeitos do NO₂ são particularmente relevantes em contextos urbanos e junto a vias de tráfego intenso, onde a exposição da população tende a ser mais elevada.

Do ponto de vista **ambiental**, os NO_x, em contacto com outras substâncias no ar, provocam a formação de ácido nítrico que compõe a acidificação (chuva ácida) e a eutrofização de cursos de água e de lagos, contribuindo para a perda de biodiversidade. Este poluente também contribui para a destruição do ozono estratosférico, para a criação do chamado *smog* fotoquímico e para o efeito de estufa.

Na vegetação, os NO_x podem provocar efeitos nocivos quando presentes em concentrações elevadas, tais como danos nos tecidos das folhas e redução do crescimento.

4.1.3. Conformidade legal

Para efeitos de avaliação da qualidade do ar, o Dióxido de Azoto (NO₂) dispõe de valores regulamentados para a proteção da saúde humana e o Óxidos de Azoto (NO_x) de valores regulamentados no âmbito da proteção da vegetação.

Os objetivos ambientais para o NO₂ e o NO_x são apresentados na Tabela 3 e Tabela 4, respetivamente:

Tabela 3 - Valores normativos legais para o poluente NO₂

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data de entrada em vigor	Valor (n.º 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)		N.º de horas em excedência num ano civil e Máximo horário, calculados a partir das médias horárias num ano civil
	Limiar superior de avaliação do valor limite horário	N.A	140 µg/m ³ (70% do valor limite) (18 excedências permitidas)		
	Limiar inferior de avaliação do valor limite horário		100 µg/m ³ (50% do valor limite) (18 excedências permitidas)		
	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
	Limiar superior de avaliação do valor limite anual	N.A	32 µg/m ³ (80% do valor limite)		
	Limiar inferior de avaliação do valor limite anual		26 µg/m ³ (65% do valor limite)		

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4 - Valores normativos legais para o poluente NO_x

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data de entrada em vigor	Valor (n.º de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e modo de cálculo
Óxido de Azoto (NO _x)	Nível crítico para proteção da vegetação	16 de abril de 2002	30 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias
	Limiar superior de avaliação do nível crítico	N.A	24 µg/m ³ (80% do valor limite)		
	Limiar inferior de avaliação do nível crítico		19,5 µg/m ³ (65% do valor limite)		

Fonte: Elaboração própria

1.4. Resultados do Alentejo

Na Tabela 5, são apresentados os valores relativos à conformidade legal do **NO₂** no que diz respeito ao Valor Limite Horário, Valor Limite Anual e Valor Limiar de Alerta para proteção da **saúde humana**, tendo por referência os parâmetros normativos definidos para a sua avaliação.

O poluente NO₂ é monitorizado em todas as estações RMQAA. Da observação dos dados, das cinco estações integradas na RMQAA, apenas três das estações - Monte Velho, Santiago do Cacém e Terena - atingiram uma taxa de eficiência de recolha de dados superior a 85%, cumprindo, assim, os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos para a avaliação dos resultados. As restantes estações não alcançaram essa eficiência, em virtude de avarias prolongadas nos respetivos analisadores.

Tabela 5 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de NO₂ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana

Zona	Estação	Eficiência de recolha de dados (%) ⁽¹⁾	Valor Limite Horário		Valor Limite Anual	Valor Limiar de Alerta
			Máximo horário	Nº de ocorrências de médias horárias > 200 µg/m ³ (máx. 18)	Média anual (40 µg/m ³)	Nº de casos de 3 horas consecutivas com médias horárias > 400 µg/m ³
Alentejo Litoral	Monte Chãos	63	68	0	8	0
	Monte Velho	92	35	0	3	0
	Santiago do Cacém	91	17	0	2	0
	Sonega	83	45	0	4	0
Alentejo Interior	Terena	97	2	0	1	0

(1) Os indicadores a cinzento não atingiram uma taxa mínima de eficiência de recolha de dados superior ao legislado (>85%) e, por isso, são incluídos apenas de forma indicativa, não devendo os seus valores ser interpretados como representativos do ponto de vista regulamentar.

Fonte: Elaboração própria

Da análise dos dados relativos ao **Valor Limite Horário (VLH)** (Figura 2), verifica-se que todas as estações apresentam valores máximos das médias horárias muito abaixo do limite legal de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mesmo na estação de Monte Velho, onde se registou o valor mais elevado, este não atinge um quarto do VLH. Nas estações com uma taxa de eficiência adequada, os valores máximos registados variaram entre 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o que evidencia concentrações reduzidas de NO_2 .

Relativamente ao número de ultrapassagens do VLH, não se verificou qualquer excedência, indicando a inexistência de episódios de concentração elevada durante o período analisado que pudessem originar efeitos agudos na saúde da população.

Deste modo, conclui-se, igualmente, que não ocorreram ultrapassagens ao **Valor Limiar de Alerta**, uma vez que, na ausência de médias máximas horárias superiores a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, não seria possível verificar médias de três horas consecutivas acima de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, conforme definido na legislação aplicável.

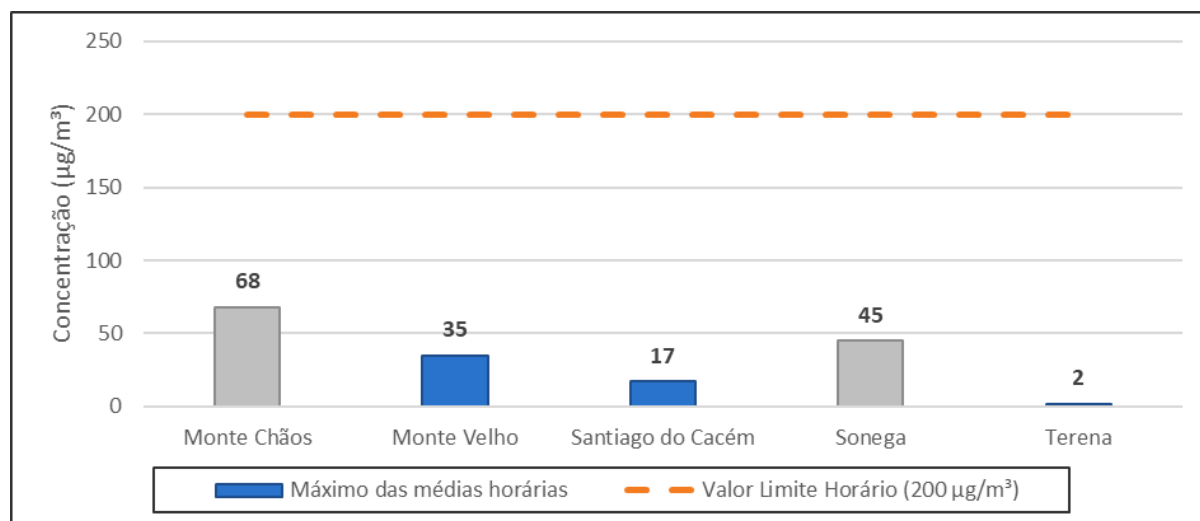


Figura 2 - Conformidade legal do NO_2 para o Valor Limite Horário

Fonte: Elaboração própria

A análise do **Valor Limite Anual (VLA)** (Figura 3) demonstra igualmente que nenhuma estação ultrapassou o limite anual definido na legislação, o que evidencia a boa qualidade do ar na área abrangida pela RMQAA. Esta conclusão é ainda reforçada pelo facto de que o VLA registado em todas as estações se encontra abaixo do valor de referência recomendado pela OMS (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Deste modo, conclui-se que o comportamento dos dados se mantém dentro dos padrões de qualidade do ar exigidos pela legislação e considerados seguros para proteção da saúde humana, não representando, no que se refere ao Alentejo, no período em análise, um risco significativo para a saúde humana, indicando uma situação de qualidade do ar globalmente favorável.

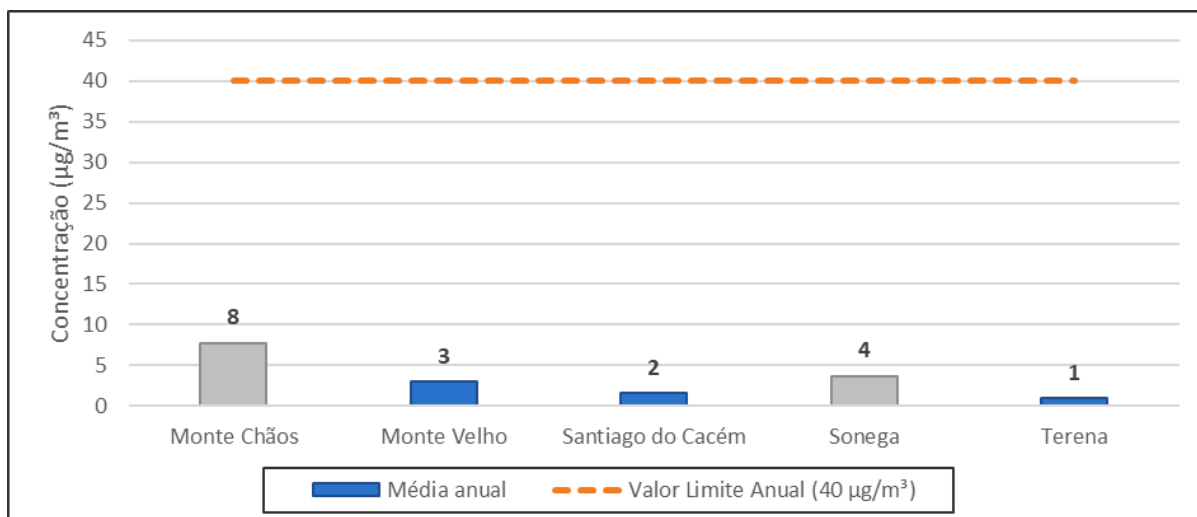


Figura 3 - Conformidade Legal do NO₂ para o Valor Limite Anual

Fonte: Elaboração própria

O poluente **NO_x** é monitorizado em todas as estações RMQAA. No entanto, para a avaliação da **proteção da vegetação**, e como referido anteriormente, são apenas consideradas as estações rurais de fundo de Monte Velho e de Terena.

Na Tabela 6, são apresentados os valores relativos à conformidade legal do NO_x no que diz respeito ao Nível Crítico, tendo por referência os parâmetros normativos definidos para a sua avaliação.

Ambas as estações atingiram uma taxa de eficiência de recolha de dados superior a 85%, cumprindo, assim, os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos para a avaliação dos resultados.

Tabela 6 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de NO_x em relação aos valores normativos para proteção da vegetação.

Zona	Estação	Eficiência de recolha de dados (%) (1)	Nível crítico
			Média anual (30 µg/m³)
Alentejo Litoral	Monte Velho	92	3
Alentejo Interior	Terena	97	2

Fonte: Elaboração própria

Na Figura 4, verifica-se que as médias anuais de NO_x nas referidas estações não ultrapassam 10% do Nível Crítico estabelecido (30 µg/m³), e por isso não evidenciando riscos para a vegetação e consequentemente para os respetivos sistemas ecológicos. Assim, ambas as estações cumprem plenamente os requisitos definidos para a proteção da vegetação, podendo considerar-se a qualidade do ar, neste parâmetro, como boa.

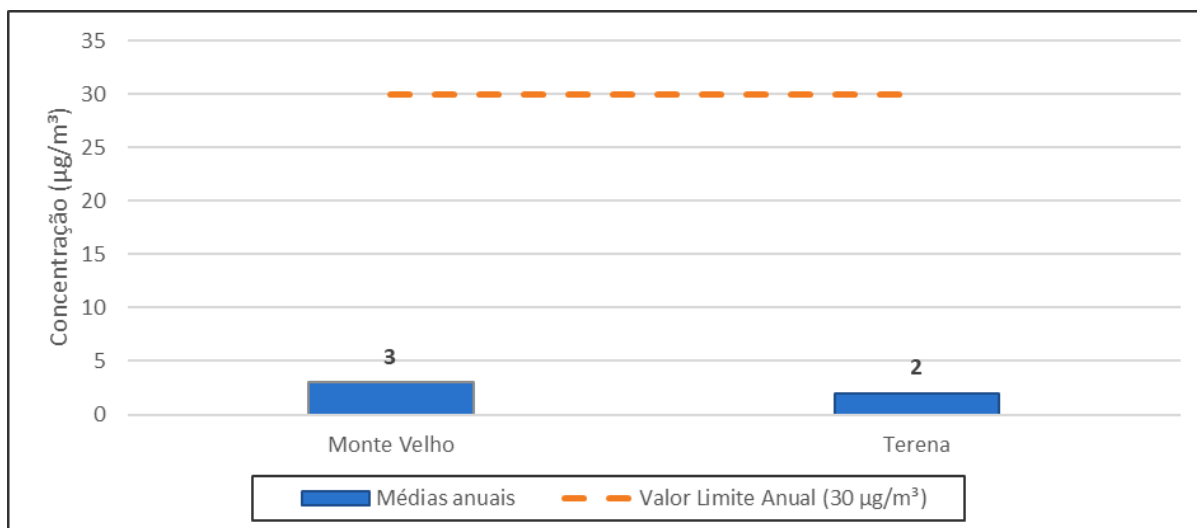


Figura 4 – Conformidade legal do NO_x para o Valor Limite Anual

Fonte: Elaboração própria

Em conclusão, a análise dos óxidos de azoto na região Alentejo evidencia uma situação globalmente favorável da qualidade do ar, tanto no que respeita à proteção da saúde humana - através da análise do NO₂ -, como no âmbito da proteção da vegetação e, consequentemente, dos sistemas ecológicos - através da análise do NO_x, embora condicionada por limitações associadas à eficiência da recolha de dados nalgumas estações de monitorização.

4.2. Dióxido de Enxofre (SO₂)

4.2.1. Descrição e origem do poluente

O dióxido de enxofre (SO₂) é um poluente atmosférico que provém, essencialmente, da combustão de combustíveis fósseis que contêm enxofre na sua composição. Este tipo de combustão ocorre frequentemente em processos como a produção de energia elétrica ou no funcionamento de equipamentos industriais, comerciais e domésticos que recorrem a fontes fósseis.

No que diz respeito ao setor dos transportes, as emissões de SO₂ são mais relevantes na navegação marítima, devido à utilização de combustíveis com maiores teores de enxofre. Já no transporte rodoviário, as concentrações de SO₂ têm vindo a decrescer de forma significativa, fruto da aplicação de normas mais exigentes que limitaram progressivamente o teor de enxofre nos combustíveis utilizados.

4.2.2. Efeitos na saúde e no ambiente

A inalação de dióxido de enxofre (SO₂) pode provocar diversos efeitos nocivos na saúde, desde desconfortos ligeiros, como ardor nos olhos, garganta e fossas nasais, até complicações respiratórias mais sérias, como inflamação pulmonar, episódios de tosse intensa e constrição das vias respiratórias. Pessoas com doenças respiratórias crónicas, bem como crianças e idosos, são particularmente sensíveis à presença deste poluente.

Do ponto de vista ambiental, este composto é um dos principais precursores do ácido sulfúrico, estando fortemente associado à formação de precipitação ácida. As chuvas ácidas têm consequências prejudiciais para os ecossistemas, uma vez que danificam tecidos vegetais, reduzem a eficiência fotossintética e comprometem o crescimento das plantas, tornando-as mais suscetíveis a outras agressões. Este fenómeno contribui também para a degradação de estruturas construídas, como edifícios e monumentos.

Este poluente pode ainda potenciar os efeitos de outras substâncias poluentes presentes no ar, em especial das partículas em suspensão, através de efeitos sinérgicos que agravam o impacto na saúde humana.

4.2.3. Conformidade legal

O SO₂ dispõe de valores regulamentados definidos para a proteção da saúde humana e proteção da vegetação, tal como representados na seguinte tabela 7:

Tabela 7 - Valores normativos legais para o poluente SO₂

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data de entrada em vigor	Valor (n.º de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e modo de cálculo
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
	Nível crítico para proteção da vegetação		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
	Limiar superior de avaliação do Nível crítico para proteção da vegetação	N.A.	12 µg/m ³ (60% do valor limite)	Um dia	N.º de dias em excedência num ano civil e Máximo diário, calculados a partir das médias diárias num ano civil
	Limiar inferior de avaliação do Nível crítico para proteção da vegetação		8 µg/m ³ (40% do valor limite)		
	Valor limite diário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	125 µg/m ³ (3 excedências permitidas)		
	Limiar superior de avaliação do valor limite diário	N.A.	75 µg/m ³ (3 excedências permitidas) (60% do valor limite)		
	Limiar inferior de avaliação do valor limite diário		50 µg/m ³ (3 excedências permitidas) (40% do valor limite)		
	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 Máximo horário, calculados a

					partir das médias horárias num ano civil
--	--	--	--	--	--

Fonte: Elaboração própria

4.2.4. Resultados do Alentejo

O poluente SO₂ é monitorizado em todas as estações RMQAA. Na Tabela 8, são apresentados os valores relativos à **conformidade legal do SO₂** no que diz respeito ao Valor Limite Horário, ao Valor Limite Diário e ao Valor Limiar de Alerta, no que respeita à proteção da saúde humana, tendo por referência os parâmetros normativos definidos para a sua avaliação.

Da observação dos dados, verifica-se que a sua avaliação é condicionada pela baixa eficiência de recolha de dados na maioria das estações da RMQAA. Com efeito, nenhuma estação atingiu uma taxa de eficiência de recolha de dados superior a 85%. A única exceção refere-se ao parâmetro das médias diárias, onde apenas a estação de Monte Velho apresenta uma taxa de eficiência considerada adequada (89%). Esta lacuna de dados deveu-se, essencialmente, à existência de avarias prolongadas nos respetivos analisadores.

Tabela 8 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de SO₂ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana

Zona	Estação	Eficiência de recolha de dados (%) (1)		Máximo		Média anual	Valor Limite Horário	Valor Limite Diário	Valor Limiar de Alerta
		Horária	Diária	Horário	Diário		Nº de casos de médias horárias > 350 µg/m³ (máx. 24 excedências)	Nº de casos de médias diárias > 125 µg/m³ (máx. 3 excedências)	Nº de casos de 3h consecutivas com médias horárias > 500 µg/m³
Alentejo Litoral	Monte Chãos	51	51	66	7	0	0	0	0
	Monte Velho	81	89	21	6	3	0	0	0
	Santiago do Cacém	28	28	22	16	9	0	0	0
	Sonega	54	55	37	21	10	0	0	0
Alentejo Interior	Terena	80	81	4	4	2	0	0	0

(1) Os indicadores a cinzento não atingiram uma taxa mínima de eficiência de recolha de dados superior ao legislado (≥85%) e, por isso, são incluídos apenas de forma indicativa, não devendo os seus valores ser interpretados como representativos do ponto de vista regulamentar.

Fonte: Elaboração própria

Na Figura 5, são apresentados os resultados do **Valor Limite Horário (VLH)**. Mesmo tendo em atenção as limitações referidas, os valores registados, embora meramente indicativos do ponto de vista regulamentar e servindo apenas como indicadores exploratórios do

comportamento das concentrações durante o período monitorizado, revelam concentrações muito reduzidas de SO₂. O máximo horário mais elevado observado nas estações situa-se próximo dos 20% do valor estipulado por lei para o VLH.

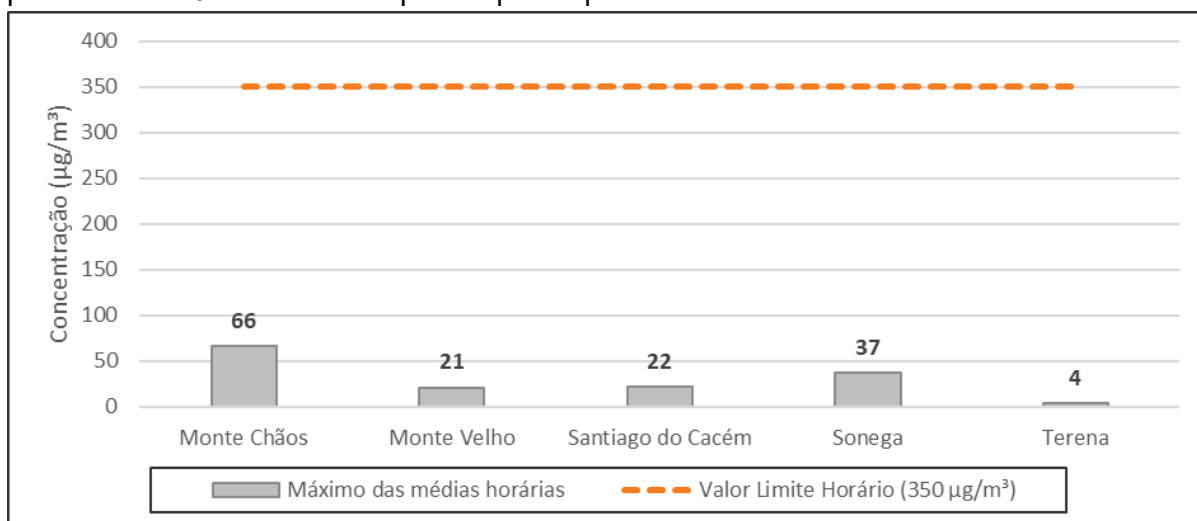


Figura 5 - Conformidade legal do SO₂ para o Valor Limite Horário

Fonte: Elaboração própria

Da análise do **Valor Limite Diário (VLD)**, observa-se que a estação de Monte Velho, única com eficiência adequada para a avaliação do VLD, apresentou uma concentração de 6 µg/m₃, correspondente a 4,8% do limite legal, significativamente abaixo do limite legal estabelecido (125 µg/m₃), sem qualquer ocorrência de excedência, evidenciando uma qualidade do ar boa. Apesar de não ser possível comparar diretamente com as outras estações, por não cumprirem com a taxa mínima de eficiência, os resultados indicam um desempenho claramente positivo desta estação.

Esta conclusão é reforçada pela observação do número de ultrapassagens do VLD, onde não foram registadas excedências na estação de Monte Velho, o que evidencia a ausência de episódios críticos ou picos de concentração ao longo do período analisado.

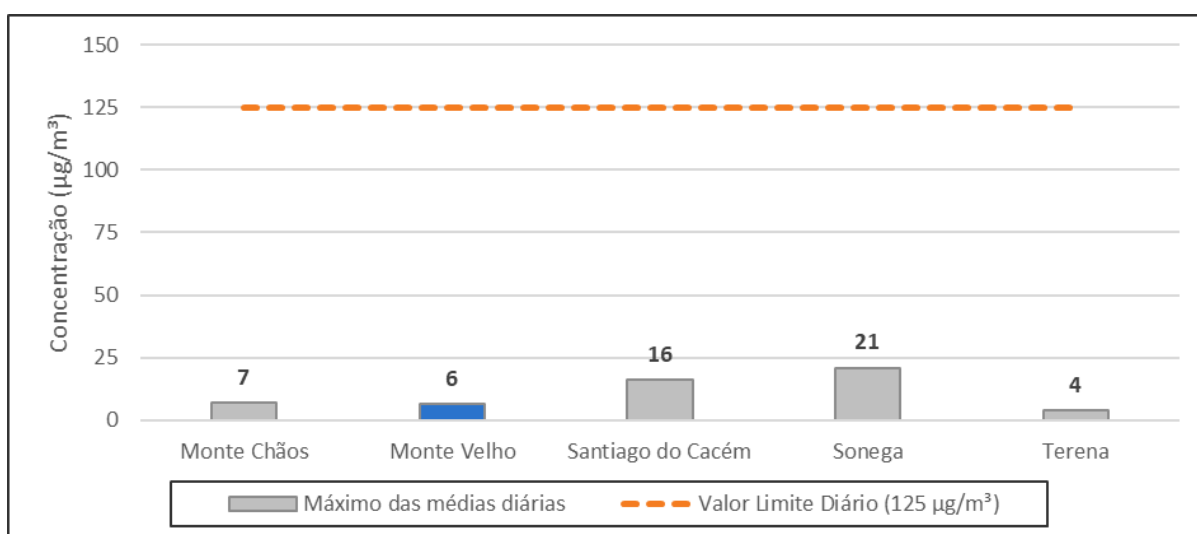


Figura 6 - Conformidade legal do SO₂ para o Valor Limite Diário

Fonte: Elaboração própria

No âmbito da **Proteção da Vegetação**, a avaliação do SO₂ incide exclusivamente sobre as estações rurais de fundo de Monte Velho e Terena. A legislação em vigor define, um nível crítico de 20 µg/m³, avaliado para um valor médio anual e para um valor médio de inverno, neste caso de 1 de outubro de 2024 a 31 de março de 2025.

Na Tabela 9, são apresentados os valores relativos à conformidade legal do SO₂ no que diz respeito ao Nível Crítico, considerando a média anual e a média do período de Inverno. Relativamente à média anual, nenhuma das estações atingiu a taxa mínima de eficiência exigida (85%) pelo que os resultados associados a este período devem ser interpretados apenas de forma indicativa. No que respeita às médias do período de inverno, apenas a estação de Monte Velho apresentou uma eficiência de recolha de dados adequada, sendo, por isso, a única cuja avaliação pode ser considerada fiável. No que se refere à estação de Terena, esta não alcançou essa eficiência em virtude de avarias prolongadas nos respetivos analisadores.

Tabela 9 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de SO₂ em relação aos valores normativos para proteção da vegetação

Zona	Estação	Eficiência de recolha de dados (%) ⁽¹⁾		Nível Crítico	
		Horária	Período de Inverno ⁽²⁾	Média anual (20 µg/m ³)	Média do Período de Inverno (20 µg/m ³)
Alentejo Litoral	Monte Velho	81	99	3	3
Alentejo Interior	Terena	80	17	2	3

(1) Os indicadores a cinzento não atingiram uma taxa mínima de eficiência de recolha de dados superior ao legislado (=>85%) e, por isso, são incluídos apenas de forma indicativa, não devendo os seus valores ser interpretados como representativos do ponto de vista regulamentar.
(2) O período de Inverno corresponde ao intervalo compreendido entre 1 de outubro de 2024 e 31 de março de 2025.

Fonte: Elaboração própria

Na Figura 7, verifica-se que a estação de Monte Velho registou uma média de concentração de SO₂ de 3 µg/m³, valor muito abaixo do Nível Crítico de 20 µg/m³ definido para a proteção da vegetação, representando apenas uma pequena fração do limite legalmente estabelecido. Estes resultados não evidenciam riscos para a vegetação nem para os ecossistemas naturais na área de influência da estação.

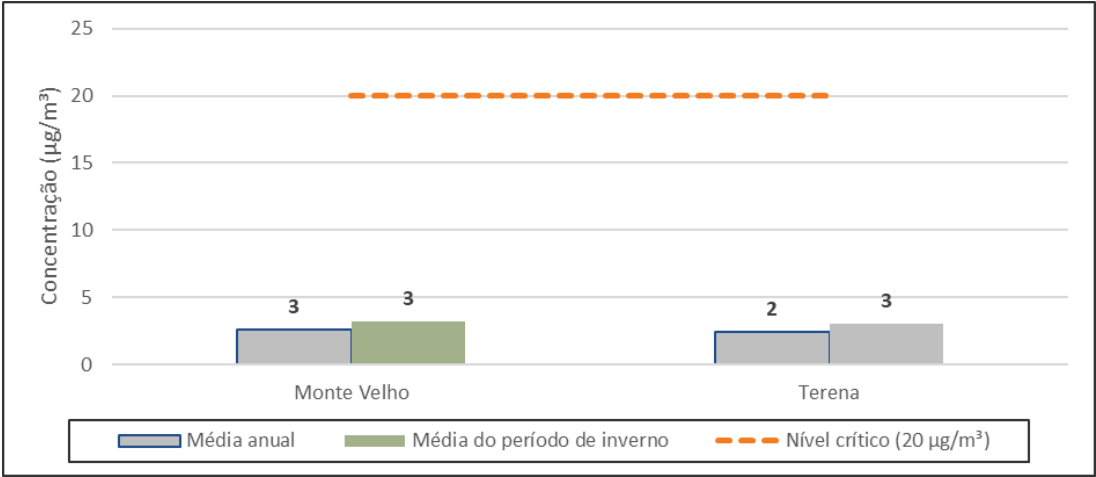


Figura 7 - Conformidade legal do SO₂ para o Nível Crítico

Em **conclusão**, a análise do dióxido de enxofre (SO₂) na região do Alentejo evidencia uma situação globalmente favorável da qualidade do ar, sem registo de episódios críticos nem ultrapassagens dos valores normativos definidos para a proteção da saúde humana e da vegetação. Apesar das limitações associadas à eficiência da recolha de dados em várias estações, os valores observados são consistentemente baixos e indicativos de uma reduzida pressão deste poluente na região. A manutenção e melhoria do funcionamento da RMQAA revela-se, contudo, essencial para assegurar uma avaliação regulamentar robusta e contínua.

4.3. Ozono (O₃)

4.3.1. Descrição e origem do poluente

O ozono (O₃) é uma molécula formada por três átomos de oxigénio, muito reativa e com um forte poder oxidante. Na estratosfera, o O₃ tem uma função protetora crucial, formando uma barreira natural que absorve a radiação ultravioleta (UV) do sol. Esta camada de ozono é essencial para preservar a vida na Terra, ao evitar que níveis perigosos de radiação atinjam os seres vivos. Na troposfera, camada atmosférica em contacto com a superfície terrestre, é designado como ozono troposférico, e é um poluente secundário que afeta negativamente a saúde humana. É resultado de reações fotoquímicas quando existem poluentes precursores como os óxidos de azoto (NO_x) e os compostos orgânicos voláteis (COV) oriundos de processos industriais ou dos transportes.

Os episódios de maior concentração deste poluente são mais comuns durante o verão, com condições meteorológicas particulares, como predominância de dias com forte incidência de radiação solar, temperaturas elevadas, fraca circulação do ar e estabilidade atmosférica. Estas condições são frequentemente potenciadas pela presença de sistemas anticiclónicos persistentes, que favorecem a acumulação de poluentes e a sua transformação em ozono troposférico.

Embora o ozono se forme na presença dos seus precursores (NO_x e COV), junto às fontes emissoras, as concentrações mais elevadas deste poluente tendem a verificar-se em áreas mais distantes. Isso deve-se ao facto de os precursores poderem ser transportados pelas massas de ar a distâncias de escala local e/ou regional, antes de ocorrer a formação significativa de ozono. Nas zonas próximas das fontes de emissão, os processos de geração e destruição do O₃ decorrem em simultâneo, resultando geralmente em níveis mais reduzidos deste poluente secundário nesses locais.

Curiosamente, os níveis mais baixos de concentração de ozono, tendem a registar-se nas proximidades de vias com tráfego intenso, devido à presença de monóxido de azoto (NO), que promove a sua decomposição. Em contraste, nas áreas rurais, onde a concentração de NO é menor, o processo de destruição de O₃ é menos eficaz, o que leva a variações mais suaves ao longo do dia e, em média, a concentrações médias mais elevadas deste poluente.

4.3.2. Efeitos na saúde e no ambiente

O O₃ é um gás agressivo para as mucosas oculares e respiratórias e, tal como outros oxidantes fotoquímicos, penetra nas vias respiratórias profundas, afetando essencialmente

os brônquios e os alvéolos pulmonares. A exposição a este poluente pode causar irritação nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, dores no peito e dificuldades respiratórias.

Na vegetação, exerce um impacto prejudicial, interferindo tanto na respiração como na fotossíntese das plantas, o que compromete o seu desenvolvimento, a sua capacidade reprodutiva e a produtividade das culturas agrícolas. Por se tratar de um oxidante forte, o O₃ afeta também matérias como a borracha, os têxteis e pinturas.

4.3.3. Conformidade legal

O O₃ dispõe de valores regulamentados definidos para a proteção da saúde humana e proteção da vegetação, e, na Tabela 10, são apresentados os objetivos ambientais definidos na legislação em vigor:

Tabela 10 - Valores normativos para o poluente O₃

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data de entrada em vigor	Valor (n.º de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e modo de cálculo
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 ao público para proteção da saúde humana		180 µg/m ³		
	Objetivo de longo prazo para proteção da saúde humana	Não definido	120 µg/m ³ (0 excedências permitidas)	Máximo diário das médias dos períodos de 8 horas	N.º de dias em que o máximo diário das médias de períodos de 8 horas ultrapassou o objetivo a 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 que a média diária máxima de 8 horas ultrapassou o valor de referência médio ao longo de 3 anos e Máximo diário das médias octo-horárias, calculadas por períodos consecutivos de oito horas
	Objetivo de longo prazo para proteção vegetação	Não definido	6 000 µg/m ³ .h	1 de maio a 31 de julho	AOT40, calculado com base nos valores horários. 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, tempo da Europa Central (TEC)
	Valor-alvo para proteção da vegetação	1 de janeiro de 2010	18 000 µg/m ³ .h em média, num período de cinco anos		

(1) AOT40 é a soma da diferença entre as concentrações horárias superiores a 80 µg/m³ (= 40 partes por bilião) e o valor 80 µg/m³ num determinado período, utilizando apenas os valores horários medidos diariamente entre as 8 e as 20 horas, tempo da Europa Central (TEC);

Fonte: Elaboração própria

4.3.4. Resultados do Alentejo

Na RMQAA, o poluente O_3 é monitorizado em todas as estações. Na Tabela 11, são apresentados os valores relativos à **conformidade legal do O_3** no que diz respeito ao Valor-Alvo, ao Objetivo a Longo Prazo, ao Valor Limiar de Informação e ao Valor Limiar de Alerta, para proteção da saúde humana, tendo por referência os parâmetros normativos definidos para a sua avaliação.

Apenas as estações de Monte Chãos, Monte Velho e Santiago do Cacém atingiram uma taxa de eficiência superior a 85%, cumprindo, assim, os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos para a avaliação dos resultados. As restantes estações não atingiram a taxa mínima de recolha de dados, em consequência de avarias prolongadas dos analisadores.

A avaliação do Valor-Alvo para proteção da saúde humana foi realizada considerando o máximo diário da média móvel de oito horas e o critério de não exceder $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em mais de 25 dias por ano, avaliado num período médio de três anos.

A metodologia de cálculo do poluente em análise, definida no diploma legal em vigor, define 2010 como o primeiro ano a considerar para o cálculo da média de 3 anos, a qual tem de ser calculada com base num conjunto completo e consecutivo de dados. Sempre que não seja possível dispor de um conjunto completo de 3 anos, a legislação prevê, a título excecional, a utilização de apenas um ano de dados com eficiência de recolha de dados, de que é exemplo o ocorrido na estação de Monte Chãos.

Assim sendo, apesar de nas estações de Monte Chãos, Sonega e Terena não disporem de um conjunto completo e consecutivo de dados dos últimos três anos, será considerada a estação de Monte Chãos, com base exclusivamente nos dados de 2024, por ser o único ano com taxa de recolha válida. Nas estações de Sonega e Terena não foi possível proceder à avaliação, por inexistência de dados com eficiência mínima em 2024, pelo que os dados se encontram representados a cinzento no gráfico.

Por outro lado, as estações de Monte Velho e Santiago do Cacém dispõem de um conjunto completo e consecutivo de dados relativos aos últimos três anos, pelo que a avaliação do cumprimento do Valor-Alvo foi realizada com base nos dados dos anos de 2022, 2023 e 2024.

Tabela 11 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de O₃ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana

Zona	Estações	Eficiência de recolha de dados (%) ⁽¹⁾		Média anual	Máximo horário	Valor-Alvo (120 µg/m³. máx= 25 excedências por ano) ⁽²⁾			Obj. Longo Prazo (120 µg/m³)	Valor Limiar de Informação	Valor Limiar de Alerta
		Horária	Octo-horária			Maior máximo diário de 8h - média de 3 anos	Nº máx diários de 8h > 120 µg/m³ - média de 3 anos	Nº de máximos diários de 8h > 120 µg/m³- 2024	Maior máximo diário de 8h - 2024	Nº de casos de médias horárias >180 µg/m³	Nº de casos de médias horárias >240 µg/m³
Alentejo Litoral	Monte Chãos	100	100	54	111	111 ⁽³⁾	0 ⁽³⁾	0	106	0	0
	Monte Velho	99	100	50	139	131 ⁽⁴⁾	15 ⁽⁴⁾	15	131	0	0
	Santiago do Cacém	91	91	72	157	161 ⁽⁴⁾	58 ⁽⁴⁾	17	137	0	0
	Sonega	55	56	39	112	159	38	0	106	0	0
Alentejo Interior	Terena	77	84	46	140	105	0	0	105	0	0

(1) Os indicadores a cinzento não atingiram uma taxa mínima de eficiência de recolha de dados superior ao legislado ($\geq 85\%$) e, por isso, são incluídos apenas de forma indicativa, não devendo os seus valores ser interpretados como representativos do ponto de vista regulamentar.

(2) Valor máximo diário das médias octo-horárias, calculadas por períodos de 8 horas;

(3) Por não dispor de um conjunto completo e consecutivo de dados de 3 anos, são considerados apenas os dados de 2024;

(4) Média relativa aos anos de 2022, 2023 e 2024.

Fonte: *Elaboração própria*

Da análise da Figura 8, verifica-se que a avaliação do Valor-Alvo, considerando os últimos três anos, apresentou alguns máximos diários das médias de 8 h superiores ao valor normativo de 120 µg/m³ em algumas estações da RMQAA. O caso mais relevante ocorreu na estação de Santiago do Cacém, onde o maior máximo diário de 8h atingiu os valores de 161 µg/m³, 141 µg/m³ e 137 µg/m³ em 2022, 2023 e 2024, respetivamente. Na estação de Monte Velho, só em 2024 é que se observou um valor superior ao legalmente estabelecido, nomeadamente de 131 µg/m³.

No caso da estação de Monte Chãos, analisada apenas para o ano de 2024, não se registaram valores acima do limite normativo, sendo o máximo diário de 8 h de 106 µg/m³, o que indica uma situação favorável relativamente ao cumprimento do Valor-Alvo legalmente estabelecido para esse período.

Relativamente às excedências do Valor-Alvo (120 µg/m³) em períodos de 8 h, observadas nos últimos três anos, verifica-se que nenhuma das estações excedeu o limite legal de 25 ocorrências por ano civil, conforme ilustrado na Figura 9. A estação de Monte Chãos não registou qualquer ultrapassagem no ano em análise (2024), enquanto as estações de Monte Velho e de Santiago do Cacém registaram, no total do período considerado (2022 a 2024),

15 e 58 excedências, respetivamente, valores compatíveis com o cumprimento do quadro regulamentar em vigor.

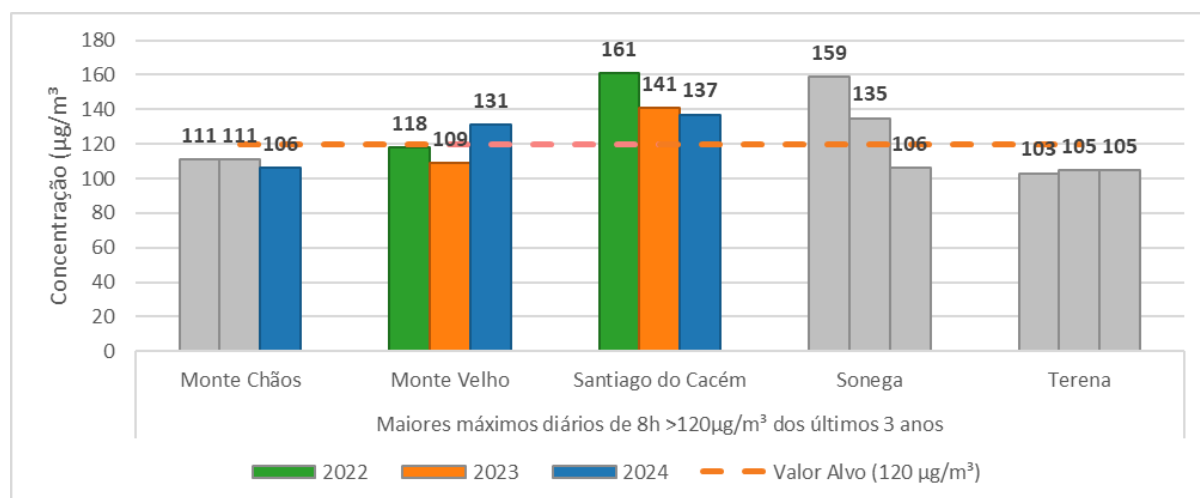


Figura 8 - Conformidade legal do O₃ para o Valor-Alvo para os últimos 3 anos

Fonte: Elaboração própria

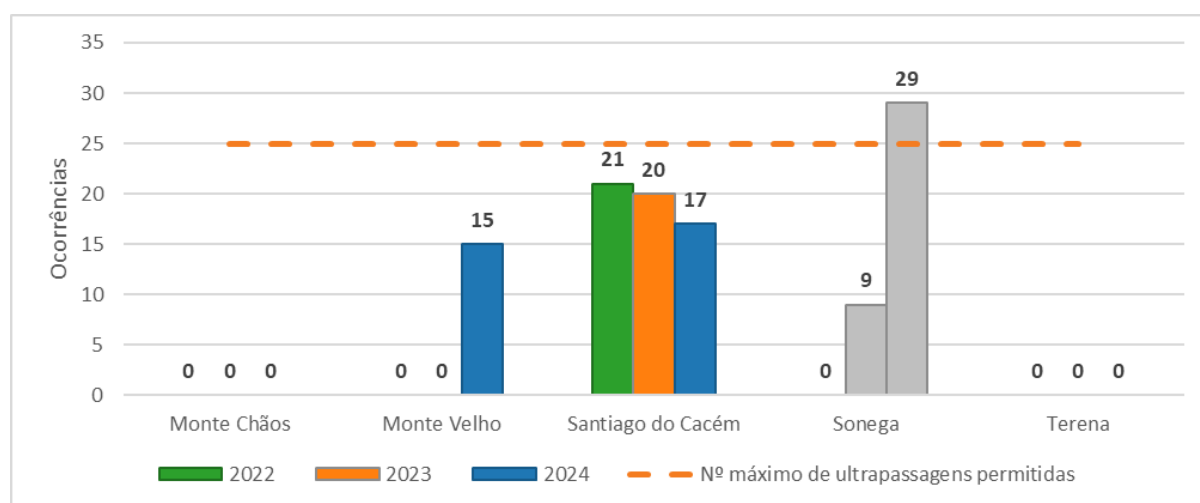


Figura 9 - Conformidade legal do O₃ relativamente ao nº máximo de ultrapassagens permitidas ao Valor-Alvo

Fonte: Elaboração própria

Da análise dos dados relativos ao **Objetivo de Longo Prazo** (Figura 10), verifica-se que, entre as estações válidas, Monte Chãos se encontra em conformidade, não apresentando qualquer ultrapassagem e situando-se abaixo do limiar definido.

Já as estações de Santiago do Cacém e Monte Velho ultrapassam os valores de referência e registam ocorrências acima do limite permitido (Figura 11), evidenciando incumprimento tanto das concentrações como da frequência de ultrapassagens.

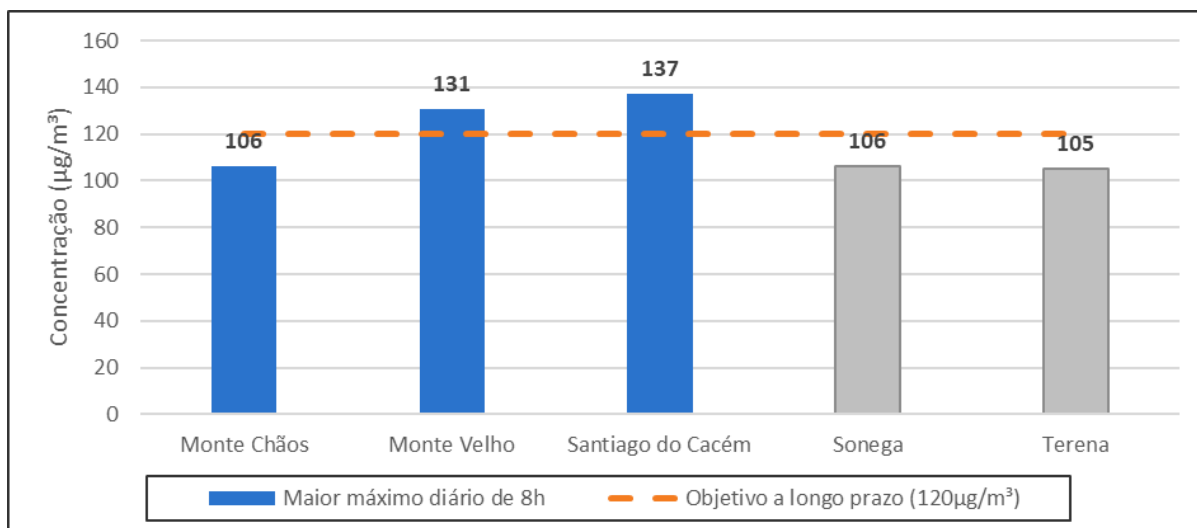


Figura 10 - Conformidade legal do O₃ para o Objetivo a Longo Prazo

Fonte: Elaboração própria

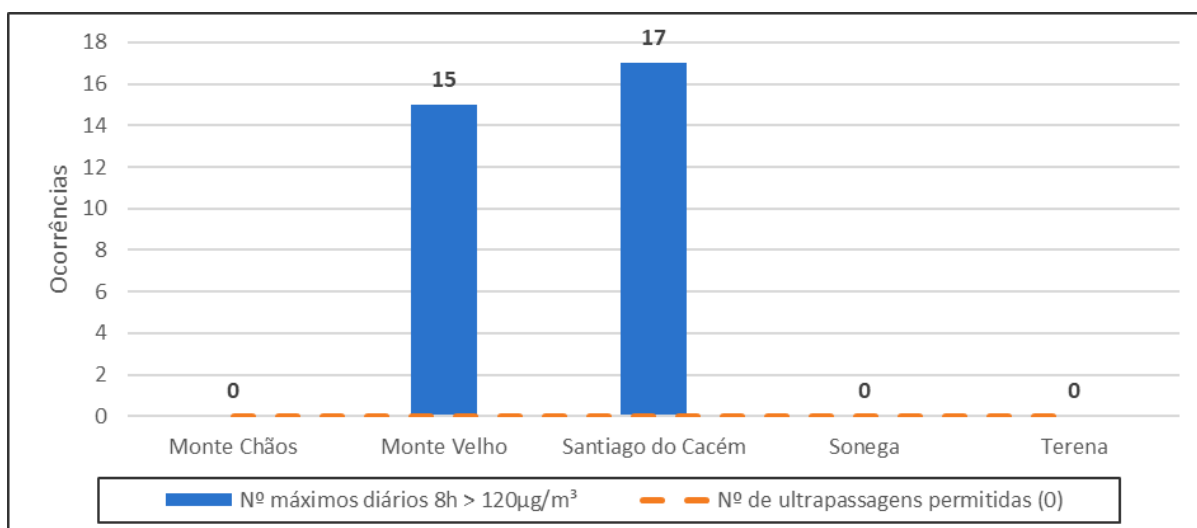


Figura 11 - Conformidade legal do O₃ relativamente ao nº de ultrapassagens permitidas para Objetivo a Longo Prazo.

Fonte: Elaboração própria

Da análise da Figura 12, relativa aos limiares definidos para episódios agudos de poluição por ozono - **Limiar de Informação ao Público** e **Valor Limiar de Alerta** -, verifica-se que estes não foram ultrapassados em nenhuma das estações de monitorização. Apesar de se registarem diferenças entre as estações monitorizadas, os níveis observados mantiveram-se sempre abaixo destes limiares regulamentares, não ocorrendo quaisquer situações que justificassem a emissão de avisos à população ou a ativação de respostas de emergência.

Esta informação confirma que, no período analisado, não ocorreram episódios críticos de curto prazo relacionados com o ozono nas estações com eficiência. No entanto, apesar da ausência de ultrapassagens destes limiares de carácter agudo, continuam a observar-se excedências no Objetivo a Longo Prazo, o que evidencia a persistência de níveis elevados de ozono em determinadas áreas. Assim, mantém-se a necessidade de monitorização regular e de estratégias orientadas para a redução de precursores de ozono (NO_x e COV),

contribuindo para prevenir tanto a degradação crónica da qualidade do ar como o eventual surgimento de episódios mais severos.

Importa clarificar a distinção entre o Valor-Alvo e o Objetivo a Longo Prazo definidos para o O₃ na legislação em vigor.

O Valor-Alvo constitui um parâmetro regulamentar, destinado a limitar os efeitos nocivos do ozono na saúde humana e nos ecossistemas, sendo utilizado para efeitos de avaliação formal do cumprimento legal. Já o Objetivo a Longo Prazo corresponde a uma meta de melhoria contínua da qualidade do ar ambicionada, a atingir progressivamente, sempre que tecnicamente viável, pelo que tem um carácter indicativo e não vinculativo.

Assim sendo, a verificação do cumprimento do Valor-Alvo, simultaneamente com o não cumprimento do Objetivo a Longo Prazo, não configura uma situação de incumprimento legal, refletindo apenas a influência de processos de formação fotoquímica e de transporte atmosférico à escala regional e suprarregional, característicos do O₃.

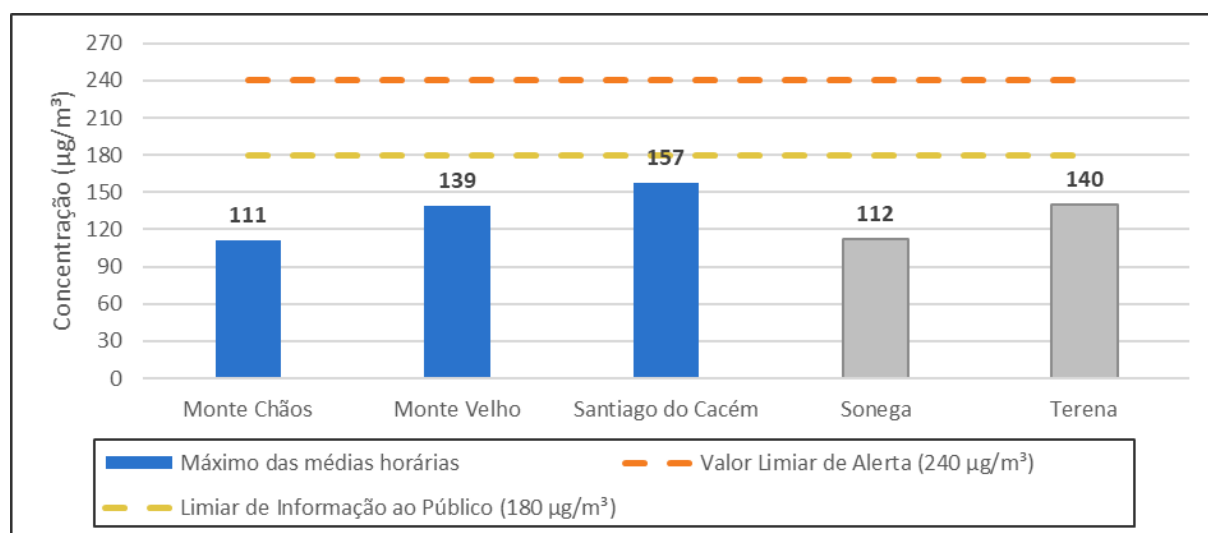


Figura 12 - Conformidade legal do O₃ para o Valor Limiar de Informação ao Público e para o Valor Limiar de Alerta.

Fonte: Elaboração própria

No âmbito da **Proteção da Vegetação**, apenas são consideradas as estações rurais de fundo de Monte Velho e Terena.

A legislação em vigor estabelece um **Valor-Alvo** de 18 000 μg/m³, avaliado pelo indicador AOT40 e calculado com base na média dos cinco anos anteriores, devendo incluir pelo menos três anos com dados completos. A avaliação considera os dados do período de 1 de maio a 31 de julho. Além disso, define-se um **Objetivo a Longo Prazo** de 6 000 μg/m³, igualmente avaliado pelo indicador AOT40 (*Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb*).

Na Tabela 12, são apresentados os valores relativos à conformidade legal do O₃ no que diz respeito ao Valor-Alvo e ao Objetivo de Longo Prazo, tendo por referência os parâmetros normativos definidos para a sua avaliação.

Relativamente à eficiência na recolha de dados, verifica-se que ambas as estações apresentam uma taxa superior a 85% no ano de 2024. Não sendo possível dispor de uma

série completa de cinco anos consecutivos com dados válidos, a avaliação do Valor-Alvo para a proteção da vegetação foi efetuada com base na média dos anos com dados válidos disponíveis (2021, 2023 e 2024), os quais não são consecutivos.

Tabela 12 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de O₃ em relação aos valores normativos para proteção da vegetação

Zona	Estação	Eficiência de recolha de dados (%)	Valor-Alvo (18 000 µg/m³h)			Objetivo a Longo Prazo (6 000 µg/m³h)
		AOT 40 (1 de maio a 31 de julho)	AOT40 medido	AOT estimado	Média do AOT40 (média do período de 3 anos)	AOT40
Alentejo Litoral	Monte Velho	100	703	705	1418	703
Alentejo Interior	Terena	100	2428	2430	2334	2428

Fonte: Elaboração própria

Da análise da Figura 13, constata-se que os valores médios do indicador AOT40 se encontram substancialmente abaixo quer do Valor-Alvo (18 000 µg/m³), quer do Objetivo de Longo Prazo (6 000 µg/m³). Em concreto, registaram-se valores de 1 431 µg/m³ na estação de Monte Velho e de 1 918 µg/m³ na estação de Terena, o que evidencia uma exposição cumulativa da vegetação ao ozono troposférico reduzida durante o período em análise.

Estes resultados indicam que, no período de referência, não se observam riscos significativos para a vegetação associados à exposição ao ozono nas áreas representadas pelas estações de monitorização. O cumprimento simultâneo do Valor-Alvo e do Objetivo de Longo Prazo, sugere uma situação favorável do ponto de vista da proteção dos ecossistemas sensíveis ao ozono, não sendo expectáveis efeitos adversos relevantes sobre o crescimento ou produtividade da vegetação.

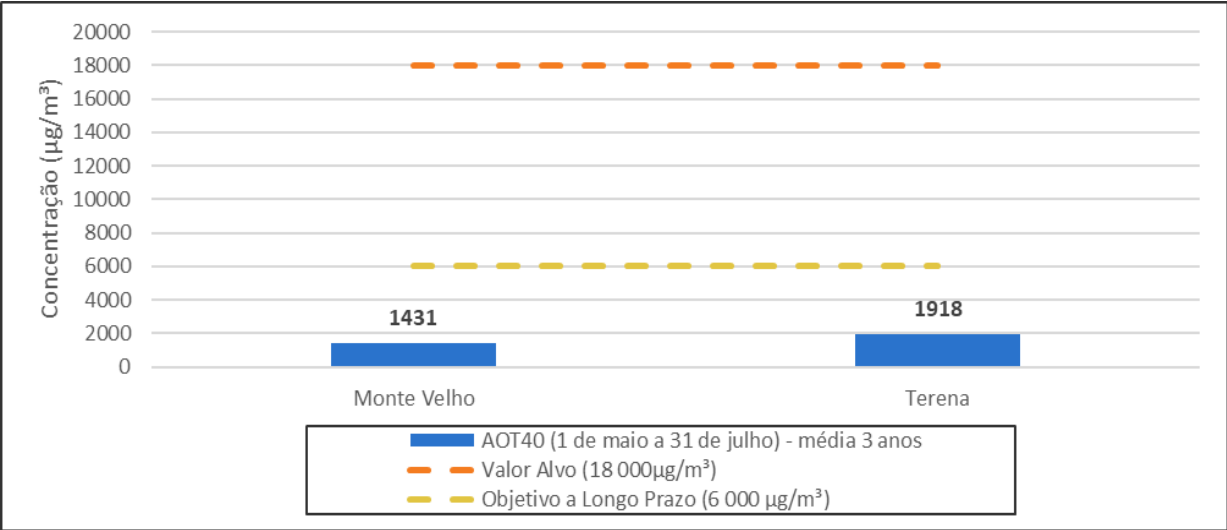


Figura 13 - Conformidade legal do O₃ para o Valor-Alvo

Fonte: Elaboração própria

Em **conclusão**, os resultados evidenciam que o poluente O₃, embora não configure uma situação de incumprimento legal, representa um dos principais desafios para a qualidade do ar na região, uma vez que, embora os valores observados cumpram os limites legais estabelecidos os resultados obtidos evidenciam a sua forte dependência de processos regionais e suprarregionais de formação e transporte, o que limita a eficácia de medidas de controlo exclusivamente locais e constitui um desafio para a avaliação e gestão da qualidade do ar na região, justificando a necessidade de uma monitorização contínua e integrada.

4.4. Monóxido de Carbono (CO)

4.4.1. Descrição e origem do poluente

O monóxido de carbono (CO) é um gás altamente tóxico, inodoro, incolor e insípido. Este poluente é produzido pela combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outras matérias orgânicas contendo carbono. Pode gerar-se naturalmente em erupções vulcânicas, fogos florestais e decomposição de clorofila e antropologicamente nas emissões de produção de eletricidade, da combustão industrial, comercial ou residencial e nos transportes com motores a combustão.

4.4.2. Efeitos na saúde e no ambiente

Os efeitos na saúde humana estão associados à capacidade do CO se combinar com a hemoglobina do sangue, dificultando o transporte de oxigénio para os tecidos.

Este poluente constitui um risco significativo de saúde para indivíduos com problemas de saúde, principalmente problemas cardiovasculares. Os primeiros sintomas associados à exposição a concentrações elevadas de CO são: dores de cabeça, vertigens e má disposição e, até mesmo náuseas e vômitos. A exposição ao CO pode ainda reduzir a capacidade de aprendizagem, de trabalho e de destreza manual. Em situações de exposição prolongada pode levar ao coma ou até à morte.

O CO contribui ainda para a formação do ozono troposférico e a sua oxidação pelo oxigénio do ar contribui para o efeito de estufa.

4.4.3. Conformidade legal

O CO dispõe de valores regulamentados definidos para a proteção da saúde humana, e na tabela 13, são apresentados os objetivos ambientais definidos na legislação em vigor:

Tabela 13 - Valores normativos legais para o poluente CO

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data de entrada em vigor	Valor (n.º de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e modo de cálculo
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 de dias em que a média diária máxima de 8 horas excedeu o valor-limite
	Limite superior de avaliação do valor limite	N.A.	7 mg/m ³		
	Limite inferior de avaliação do valor limite		5 mg/m ³		

Fonte: Elaboração própria

4.4.4. Resultados do Alentejo

O poluente CO é monitorizado apenas na estação de Santiago do Cacém e, na Tabela 14, são apresentados os valores relativos à sua **conformidade legal** no que diz respeito ao Valor Limite.

A análise dos dados obtidos na estação de Santiago do Cacém evidencia uma situação globalmente favorável em termos de qualidade do ar, apresentando uma taxa de eficiência de recolha de dados superior a 85%, cumprindo, assim, os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos para a avaliação dos resultados e assegurando a robustez da sua avaliação.

Tabela 14 - Avaliação da conformidade legal das concentrações de CO em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana

Zona	Estação	Eficiência de recolha de dados (%)		Média anual	Máximo	Valor Limite
		Horária	Octo-horária	Octo-horário	Horário	Máximo anual das médias de 8h (10 000 µg/m³)
Alentejo Litoral	Santiago do Cacém	90	90	128	464	247

Fonte: Elaboração própria

Da análise da Figura 14, observa-se que o máximo anual das médias de 8 horas (247 µg/m³), parâmetro regulamentado para a proteção da saúde humana, é aproximadamente 2,5% do Valor Limite estabelecido legalmente de 10.000 µg/m³. Esta diferença significativa indica que não ocorreram episódios de concentração elevados nem grandes flutuações.

Com uma média anual de 128 µg/m³, observa-se uma situação de qualidade do ar boa e sem flutuações relevantes associadas a fontes emissoras intensivas ou a episódios de poluição pontual.

Os baixos níveis de CO observados são compatíveis com as características da região no que se refere a ser uma região com uma baixa densidade de tráfego rodoviário e reduzida pressão industrial, fatores que contribuem para uma menor emissão deste poluente, cuja principal origem está associada a processos de combustão incompleta.

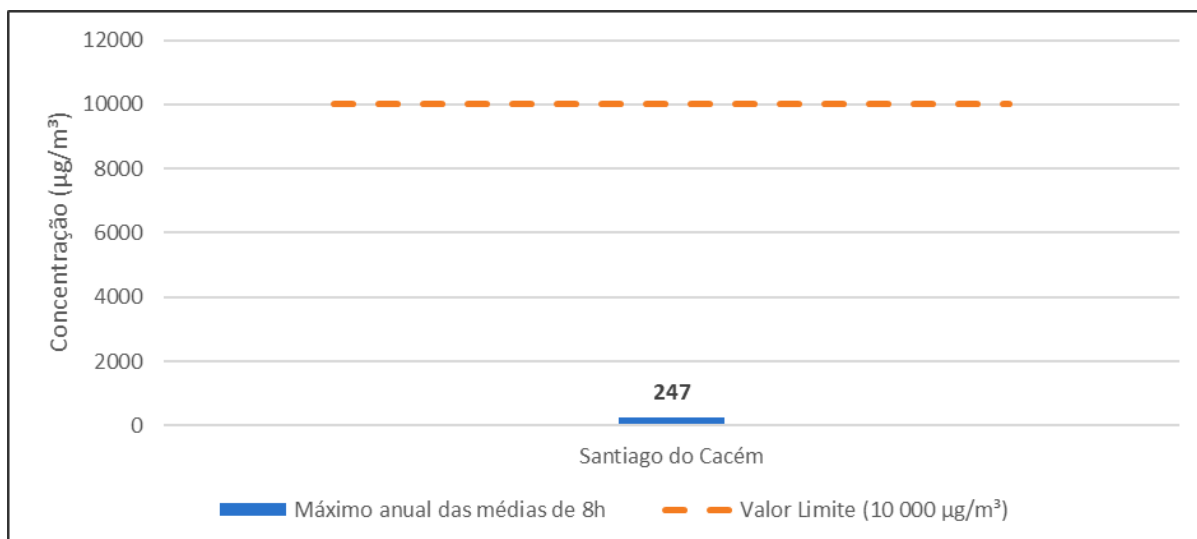


Figura 14 - Conformidade legal do CO para o Valor Limite

Fonte: Elaboração própria

Em conclusão, a monitorização do monóxido de carbono (CO) na região do Alentejo não evidencia situações de risco para a saúde humana, registando-se concentrações consistentemente inferiores ao valor limite legal em vigor, refletindo uma boa qualidade do ar relativamente a este poluente.

A elevada eficiência de monitorização e a ausência de episódios de concentração significativos indicam uma situação estável, resultante do contexto regional que se caracteriza por uma reduzida intensidade de tráfego e de atividade industrial. Assim, o CO não constitui, no período analisado, um fator crítico de pressão sobre a qualidade do ar na região do Alentejo.

4.5. Material particulado (PM₁₀ e PM_{2,5})

4.5.1. Descrição e origem do poluente

O Material Particulado (PM₁₀ e PM_{2,5}) é constituído por partículas sólidas e líquidas em suspensão no ar, cuja origem pode ser natural ou antropogénica, conforme as características das fontes emissoras e das condições meteorológicas.

As fontes emissoras naturais incluem eventos como erupções vulcânicas, incêndios florestais, fenómenos associados à ação do vento sobre o solo e sobre a água, nomeadamente as poeiras provenientes dos desertos do Norte de África e os aerossóis marinhos. Já no que se refere às fontes antropogénicas, estas são, maioritariamente, resultantes das atividades industriais e do tráfego automóvel.

4.5.2. Efeitos na saúde e no ambiente

Os efeitos das partículas inaláveis **na saúde humana** manifestam-se sobretudo ao nível do aparelho respiratório, sendo que a gravidade dependerá da sua composição química, mas também pelo local de deposição no sistema respiratório.

As partículas de maiores dimensões ficam retidas no nariz e nas vias respiratórias superiores, podendo causar irritações e hipersecreção das mucosas.

Dentro das PM₁₀, as partículas finas com diâmetro aerodinâmico $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5}) constituem um subconjunto das PM₁₀, apresentando maior capacidade de penetração pulmonar e, em alguns casos, entrar na corrente sanguínea. Esta característica é particularmente nociva quando se considera que as partículas absorvem hidrocarbonetos e metais pesados e são um veículo de transporte de outros poluentes atmosféricos e por isso representando um risco particularmente elevado para a saúde.

A exposição crónica a partículas finas (PM_{2,5}) está associada, segundo a OMS, ao aumento da mortalidade por doenças respiratórias, cardiovasculares e cancro do pulmão, sendo o efeito cumulativo relevante em populações vulneráveis.

Já no que se refere aos efeitos **no ambiente**, as partículas podem interferir no ciclo da água, influenciando a formação de nuvens, nevoeiros e precipitação e influenciar o clima ao absorverem e difundirem a radiação solar. No que se refere aos efeitos nas plantas, podem contribuir para perdas agrícolas ao prejudicarem a fotossíntese e danificarem as folhas devido à deposição de partículas.

4.5.3. Conformidade legal

Nas Tabelas 15 e 16, são apresentados os objetivos ambientais definidos na legislação em vigor para as PM₁₀ e PM_{2,5}, respetivamente.

Tabela 15 - Valores Normativos legais para as partículas PM₁₀

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data de entrada em vigor	Valor (n.º de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e modo de cálculo
Partículas PM ₁₀	Valor limite anual para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias diárias
	Limiar superior de avaliação do valor limite anual	N.A.	28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (70% do valor limite)		
	Limiar inferior de avaliação do valor limite anual		20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50% do valor limite)		
	Valor limite diário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (35 excedências permitidas)	Um dia	N.º de dias em excedência num ano civil e Máximo diário, calculados a partir das médias diárias num ano civil
	Limiar superior de avaliação do valor limite diário	N.A.	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (70% do valor limite) (35 excedências permitidas)		
	Limiar inferior de avaliação do valor limite diário		25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50% do valor limite) (35 excedências permitidas)		

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 16 - Valores normativos legais para as partículas PM_{2,5}

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data de entrada em vigor	Valor (n.º de excedências permitidas)	Período de referência da avaliação	Indicador e modo de cálculo
Partículas PM _{2,5}	Valor-Alvo para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2010	20 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		
	Limite superior de avaliação do valor limite anual	1 de janeiro de 2020	17 µg/m ³ (70% do valor limite)		
	Limite inferior de avaliação do valor limite anual	N.A.	12 µg/m ³ (50% do valor limite)		

Fonte: Elaboração própria

4.5.4. Resultados do Alentejo

Na RMQAA, os poluentes PM₁₀ e PM_{2,5} são monitorizados em todas as estações, e na Tabela 17 são apresentados os valores relativos à **conformidade legal do PM₁₀** no que diz respeito ao Valor Limite Diário e ao Valor Limite Anual, tendo por referência os parâmetros normativos definidos para a sua avaliação.

No que se refere à eficiência de recolha de dados diária, todas as estações atingiram uma taxa superior a 85%, cumprindo, assim, os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos para a avaliação dos resultados. Já no que se refere à eficiência de recolha de dados horária, apenas as estações de Monte Chãos, Monte Velho e Sonega registaram uma taxa considerada adequada (>85%). As restantes estações não alcançaram essa eficiência, em virtude de avarias prolongadas nos respetivos analisadores.

Tabela 17 - Avaliação da conformidade legal de níveis de PM₁₀ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana

Zona	Estações	Eficiência de recolha de dados (%) ⁽¹⁾		Valor Limite Diário		Valor Limite Anual
		Horária	Diária	Nº de casos de médias diárias >50 µg/m ³ (máx. 35 excedências)	Máximo diário (µg/m ³)	Média Anual (40 µg/m ³)
Alentejo Litoral	Monte Chãos	99	100	3	81	15
	Monte Velho	85	85	6	154	19
	Santiago do Cacém	80	90	7	81	16
	Sonega	93	96	3	73	15
Alentejo Interior	Terena	83	93	5	60	14

(1) Os indicadores a cinzento não atingiram uma taxa mínima de eficiência de recolha de dados superior ao legislado (>=85%) e, por isso, são incluídos apenas de forma indicativa, não devendo os seus valores ser interpretados como representativos do ponto de vista regulamentar.

Fonte: Elaboração própria

O enquadramento legal em vigor prevê que os contributos de origem natural, quando relevantes, sejam deduzidos para efeitos de verificação do cumprimento dos Valores Limite de PM₁₀. Por isso, da análise dos resultados relativos a este poluente deve ser enquadrada à luz das condições meteorológicas verificadas ao longo do ano, em particular, no que se refere aos episódios de transporte de poeiras do Norte de África, bem como dos períodos de precipitação e de seca descritos no Capítulo 2.

Atendendo ao exposto, da análise dos valores máximos das médias diárias de PM₁₀, identificam-se incrementos associados a episódios de transporte de poeiras provenientes do Norte de África. Quando devidamente identificados e validados pela APA, I.P. podem ser excluídos da avaliação de conformidade, nos termos do artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

É importante referir que, de acordo com vários documentos técnicos e científicos e tal como referido no Capítulo 2, durante eventos naturais de transporte de poeira (como as intrusões de poeiras do Norte de África), observa-se, em geral, um aumento mais acentuado nas concentrações de PM₁₀ do que de PM_{2,5}. Isto deve-se ao facto de que grande parte das partículas levantadas em poeiras naturais está na faixa de diâmetro entre 2,5 µm e 10 µm, contribuindo de forma mais significativa para o indicador PM₁₀, embora uma fração dessas partículas possa também estar presente no PM_{2,5} monitorizado.

À data de elaboração do presente relatório, ainda não se encontrava publicado o relatório oficial relativo à identificação e avaliação da ocorrência de eventos naturais no ano em análise. Assim, a interpretação das ultrapassagens registadas deverá considerar esta limitação, podendo os valores apresentados ser objeto de atualização após a publicação do documento técnico referido.

Na Tabela 18, apresentam-se os dias em que ocorreram ultrapassagens ao VLD nas estações da RMQAA, incluindo os valores registados em cada estação e a identificação dos dias associados a eventos naturais.

No total da RMQAA, registaram-se 24 ultrapassagens do VLD, distribuídas por 15 dias, dos quais 8 corresponderam a dias classificados como eventos naturais. Uma nota para os meses de março e de dezembro que representam, em conjunto, 16 (2/3) das 24 ultrapassagens registadas no ano. No que se refere aos dias com ultrapassagens, 10 dos 15 dias foram registados em março (6) e em dezembro (4).

Tabela 18 - Dias com ultrapassagens ao Valor Limite Diário de PM_{10} nas estações da RMQAA

Data	Influência de eventos naturais	Monte Chãos	Monte Velho	Santiago do Cacém	Sonega	Terena	Nº de estações em ultrapassagem ao VLD ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
14/01/2024		40	76	54	6	28	2
15/01/2024		29	54	22	13	22	1
12/03/2024		13	-	10	57	9	1
14/03/2024		16	-	11	52	15	1
22/03/2024	x	35	-	69	10	54	2
23/03/2024	x	40	-	80	9	50	1
24/03/2024	x	50	-	70	8	60	2
25/03/2024		41	-	39	7	53	1
16/04/2024		16	-	25	12	55	1
06/10/2024	x	30	46	35	10	57	1
29/11/2024	x	53	69	56	6	29	3
01/12/2024	x	39	62	44	9	44	1
08/12/2024		12	9	6	73	7	1
18/12/2024	x	61	116	81	10	23	3
19/12/2024	x	81	154	53	13	26	3
Dias com ultrapassagem do VLD ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) por estação	8	3	6	7	3	5	24 dias em ultrapassagem ao VLD

-	Não medido: Estação sem dados para o dia em análise
	Valor em ultrapassagem ao VLD ($\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Fonte: Elaboração própria

Da análise da Figura 15, constata-se que, embora todas as estações de monitorização da qualidade do ar tenham registado ultrapassagens ao Valor Limite Diário ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), não foi excedido o número máximo anual de 35 ocorrências (Figura 16) permitido por lei, cumprindo-se assim os valores legalmente aplicáveis.

O valor mais elevado da estação de Santiago do Cacém foi registado no dia 18 de dezembro de 2024, dia em que ocorreu um episódio de transporte de partículas. No dia seguinte, 19 de dezembro, já em fase pós-evento, verificaram-se os valores mais elevados nas estações de Monte Chãos e Monte Velho, evidenciando ainda o impacte residual do fenómeno, apesar das previsões indicarem a sua dissipação.

Por sua vez, a estação de Terena registou o seu valor máximo no dia 24 de março de 2024, igualmente durante um episódio de transporte de partículas de origem natural.

Estes resultados, bem como as condições climáticas registadas no ano, demonstram a forte influência destes episódios naturais na variação das concentrações de PM_{10} na Região do Alentejo, condicionando de forma significativa os valores máximos diários registados.

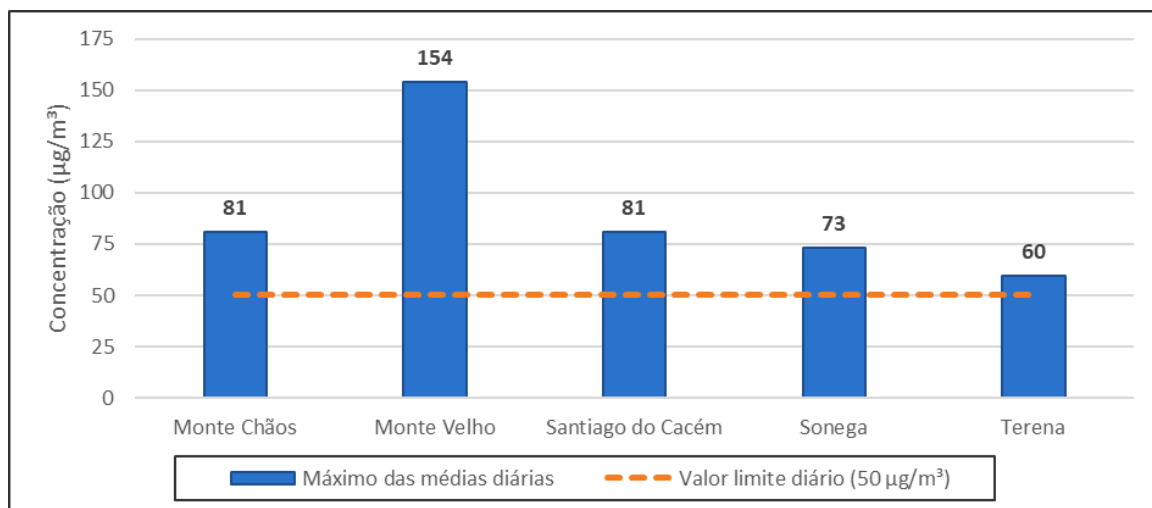


Figura 15 - Conformidade legal do PM₁₀ para o Valor Limite Diário

Fonte: Elaboração própria

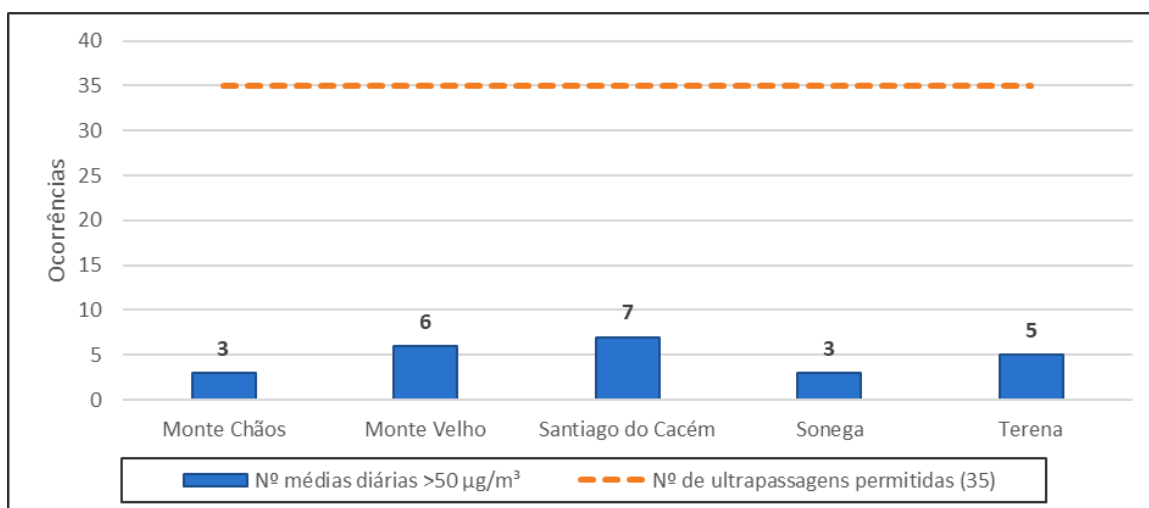


Figura 16 - Conformidade legal do PM₁₀ relativamente ao nº de ultrapassagens permitidas para o Valor Limite Diário

Fonte: Elaboração própria

Relativamente ao Valor Limite Anual de PM₁₀ (Figura 17), constata-se que as médias das concentrações anuais registadas em todas as estações de monitorização da qualidade do ar se mantiveram em níveis substancialmente inferiores ao limite legalmente fixado, não ultrapassando, em nenhum dos casos, sequer 50% do valor legalmente estipulado (40 µg/m³). Estes valores asseguram o cumprimento do quadro normativo aplicável no que se refere ao poluente em apreço.

Já no que diz respeito ao valor de referência recomendado pela OMS para o PM₁₀, (15 µg/m³), verifica-se que as estações de Monte Velho e de Santiago do Cacém apresentam concentrações ligeiramente superiores (19 µg/m³ e 16 µg/m³, respetivamente). Importa referir que os valores de referência de qualidade do ar definidos pela OMS, sendo de natureza orientadora, são mais exigentes, pelo que, apesar da conformidade com os valores-limite legalmente definidos, estes parâmetros constituem um elemento relevante na análise e gestão da qualidade do ar, numa perspetiva de saúde pública.

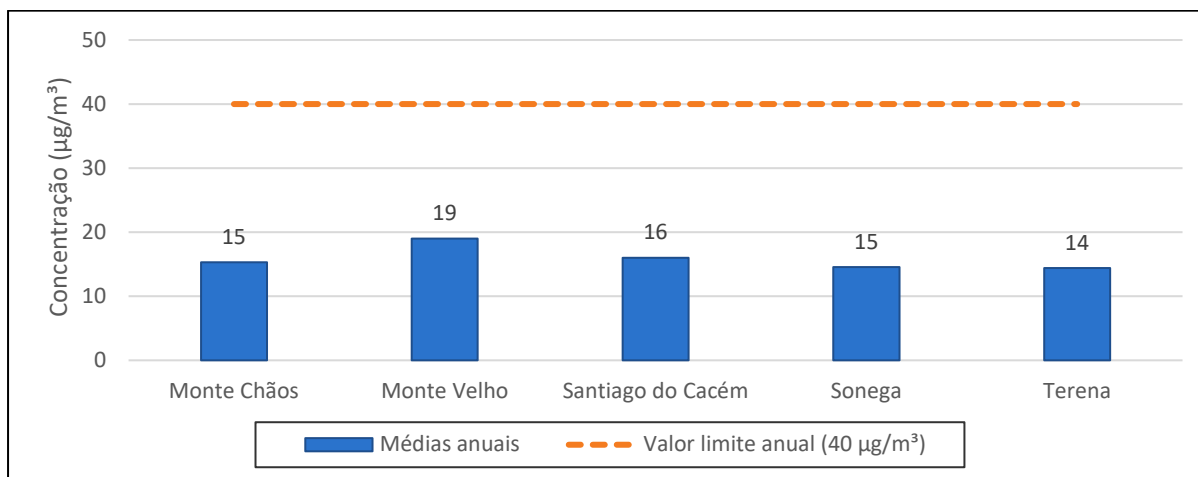


Figura 17 - Conformidade legal do PM₁₀ para o Valor Limite Anual

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 19 apresenta os resultados relativos à **conformidade legal do PM_{2,5}** que define um Valor-Alvo e um Valor-Alvo Limite de 25 µg/m³, definidos para a proteção da saúde humana e ambos avaliados através da média anual, sendo que este poluente foi monitorizado em todas as estações da RMQAA.

Da recolha de informação obtida, constata-se que as estações de Santiago do Cacém e da Sonega não atingiram a taxa mínima de eficiência de recolha de dados ($\geq 90\%$ de acordo com o DL102/2010 de 23 de setembro, tendo sido estipulada uma tolerância de 5% para este valor), não sendo, portanto, consideradas representativas. Ainda assim, os seus resultados são apresentados a cinzento, a título indicativo.

De forma geral, a média anual de PM_{2,5} é aproximadamente metade ou menos da média anual de PM₁₀, o que é consistente com os dados monitorizados e reflete a maior proporção de partículas mais grossas no total das partículas inaláveis.

Tabela 19 - Avaliação da conformidade legal dos níveis de PM_{2,5} em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana

Zona	Estações	Eficiência de recolha de dados (%) ⁽¹⁾	Máximo	Valor-Alvo	Valor Limite
		Horária		Média Anual (25 µg/m³)	Média anual (25 µg/m³)
Alentejo Litoral	Monte Chãos	87	29	4	4
	Monte Velho	85	123	10	10
	Santiago do Cacém	73	49	6	6
	Sonega	42	46	5	5
Alentejo Interior	Terena	95	36	5	5

(1) Os indicadores a cinzento não atingiram uma taxa mínima de eficiência de recolha de dados superior ao legislado ($\geq 85\%$) e, por isso, são incluídos apenas de forma indicativa, não devendo os seus valores ser interpretados como representativos do ponto de vista regulamentar.

Fonte: Elaboração própria

Relativamente ao $PM_{2,5}$, observa-se, na Figura 18, que as médias anuais das estações da RMQAA são bastante inferiores ao valor limite legal, evidenciando o cumprimento integral do quadro normativo legal em vigor e indicando uma boa qualidade do ar da região Alentejo.

Da análise dos dados, verifica-se ainda que, as estações de Santiago do Cacém e da Sonega não atingiram a taxa mínima de eficiência de recolha de dados exigida para este parâmetro, em resultado de avarias prolongadas nos respetivos analisadores, não sendo, por esse motivo, consideradas representativas para efeitos de avaliação da conformidade legal. Ainda assim, os dados, a título indicativo e por isso apresentados a cinzento, revelam médias anuais compreendidas entre $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Já no que se refere às restantes estações, com taxas mínimas de eficiência (se atendermos aos 5% de tolerância), as médias anuais estão compreendidas entre 4 e $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicando, na globalidade, uma situação globalmente favorável no que respeita às partículas inaláveis.

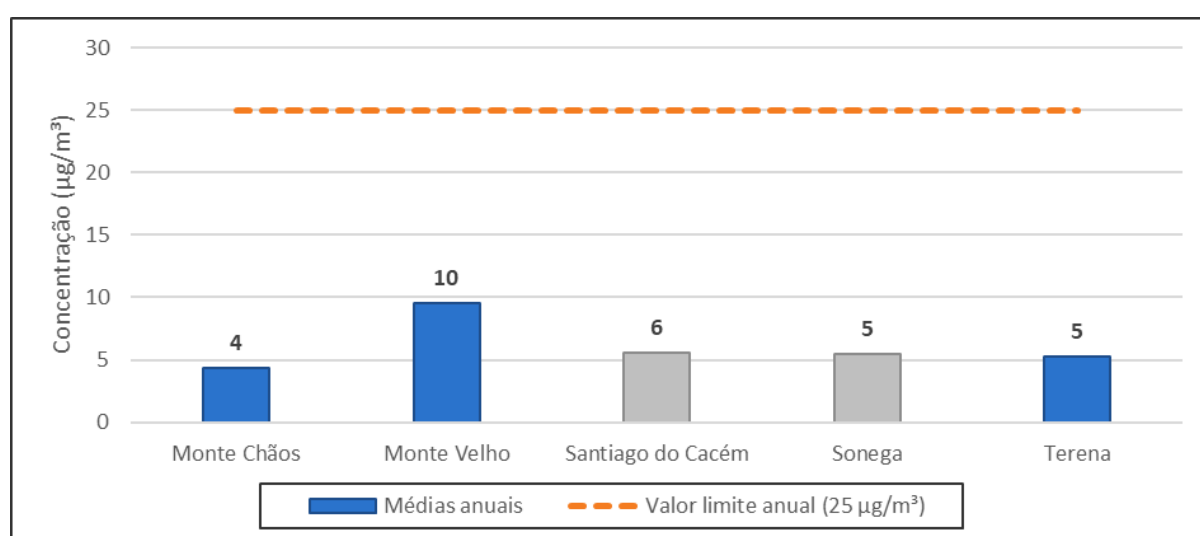


Figura 18 - Conformidade legal do $PM_{2,5}$ para o Valor Limite Anual

Fonte: Elaboração própria

4.6. Benzeno (C_6H_6)

4.6.1. Descrição e origem do poluente

O benzeno (C_6H_6) é um composto orgânico volátil (COV) pertencente ao grupo dos hidrocarbonetos aromáticos. À temperatura ambiente, apresenta-se como um líquido incolor, altamente volátil e com odor característico adocicado. É uma substância altamente tóxica e cancerígena, sendo classificada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Cancro (IARC) como carcinogénico do Grupo 1, ou seja, com evidência suficiente de causar cancro em humanos.

Na atmosfera, o benzeno encontra-se principalmente na fase gasosa, podendo participar em reações fotoquímicas que conduzem à formação de ozono troposférico e de aerossóis secundários.

As principais fontes de emissão de benzeno são antropogénicas, destacando-se:

- O tráfego rodoviário, especialmente devido à combustão incompleta de combustíveis fósseis e à evaporação de gasolina (onde o benzeno está presente como componente natural ou aditivo);
- As atividades industriais, como refinarias de petróleo, fábricas químicas e produção de plásticos, borracha e solventes;
- A combustão doméstica de biomassa e carvão;
- O fumo do tabaco, que representa uma fonte importante de exposição em ambientes interiores.
- As fontes naturais de benzeno são menos significativas, incluindo emissões de vulcões e incêndios florestais.

4.6.2 Efeitos na saúde e no ambiente

O C_6H_6 é reconhecido como um dos poluentes atmosféricos mais perigosos para a **saúde humana** devido à sua toxicidade sistémica e propriedades carcinogénicas. A exposição ocorre predominantemente por inalação, sendo o organismo incapaz de o metabolizar de forma segura, originando compostos tóxicos.

Os efeitos na saúde dependem da concentração e da duração da exposição:

- Exposição aguda (curto prazo): pode causar tonturas, dores de cabeça, sonolência, náuseas, irritação das mucosas e, em casos extremos, perda de consciência.
- Exposição crónica (longo prazo): está associada a efeitos hematotóxicos (como anemia aplástica) e, sobretudo, a efeitos carcinogénicos, nomeadamente leucemia mieloide.
- A exposição prolongada pode ainda afetar o sistema imunológico, o fígado e o sistema nervoso central.

Atendendo ao seu carácter carcinogénico, não é possível estabelecer um limiar de exposição totalmente isento de risco para o C_6H_6 .

Do ponto de vista **ambiental**, o benzeno contribui para a formação de ozono troposférico através de reações fotoquímicas com óxidos de azoto (NO_x), agravando a poluição fotoquímica e o *smog* urbano e tem impactos indiretos sobre os ecossistemas, uma vez que o ozono e outros oxidantes secundários afetam a vegetação, reduzindo a produtividade agrícola e florestal.

O C_6H_6 também tem efeitos na contaminação de solos e águas subterrâneas devido à sua alta solubilidade e persistência, podendo afetar organismos aquáticos e o equilíbrio ecológico.

4.6.3 Conformidade legal

O Benzeno dispõe de valores regulamentados definidos para a proteção da saúde humana, E na tabela 20, são apresentados os objetivos ambientais definidos na legislação em vigor:

Tabela 20 - Valores normativos legais para o poluente C₆H₆

Poluente	Tipo de valor e objetivo de proteção	Data de entrada em vigor	Valor (n.º de excedências permitidas)	Período de referência a da avaliação	Indicador e modo de cálculo
Benzeno (C ₆ H 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
	Limite superior de avaliação do valor limite anual	N.A.	3,5 µg/m ³ (70% do valor limite)		
	Limiar inferior de avaliação do valor limite anual		2 µg/m ³ (40% do valor limite)		

Fonte: Elaboração própria

De referir que o valor limite anual definido para este poluente é particularmente baixo, uma vez que reflete o elevado risco para a saúde humana associado ao seu carácter carcinogénico e à inexistência de um limiar seguro de exposição. Assim sendo, a legislação estabelece a média anual como o único parâmetro regulamentado, privilegiando a avaliação da exposição crónica da população a este poluente.

4.6.4 Resultados do Alentejo

O poluente C₆H₆ está monitorizado exclusivamente na estação de Monte Chãos, e na Tabela 21, são apresentados os valores relativos à sua **conformidade legal** no que diz respeito à Média Anual, para proteção da saúde humana, tendo por referência os parâmetros normativos definidos para a sua avaliação.

A estação de Monte Chãos atingiu uma taxa de eficiência de recolha de dados superior a 35%, cumprindo, assim, os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos para a avaliação dos resultados. Este resultado pode refletir que no Alentejo não existem fontes com emissões relevantes no que se refere a este poluente.

Da análise da Figura 19, verifica-se que o C₆H₆ apresenta uma média anual de 0.02, refletindo valores pouco relevantes e como tal registando uma média anual significativamente abaixo do valor limite legal (5 µg/m³).

Tabela 21 - Avaliação da conformidade legal dos níveis de C₆H₆ em relação aos valores normativos para proteção da saúde humana

Zona	Estação	Eficiência de recolha de dados (%)		Média Anual (5 µg/m ³)
		Horária	Diária	
Alentejo Litoral	Monte Chãos	69	71	0,02

Fonte: Elaboração própria

Este resultado indica que, no período em análise, não se verificaram situações de incumprimento nem níveis de exposição preocupantes, sendo os valores registados de pouca relevância.

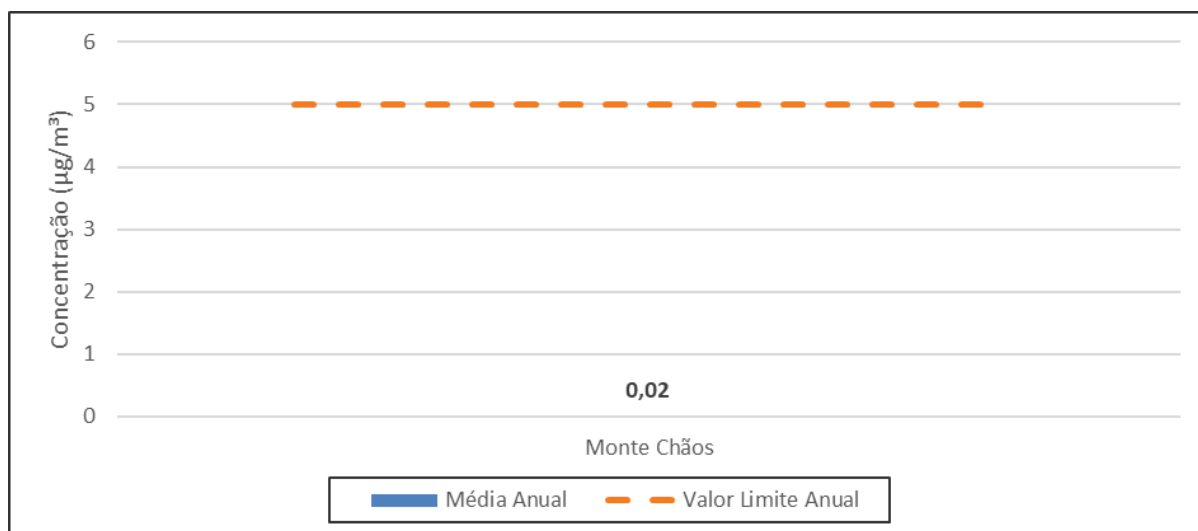


Figura 19 - Conformidade legal do C_6H_6 para o Valor Limite Anual

Fonte: Elaboração própria

Em **conclusão**, a análise do benzeno (C_6H_6) na região do Alentejo evidencia uma situação globalmente favorável do ponto de vista da qualidade do ar, com valores médios anuais claramente inferiores ao valor limite legal estabelecido para a proteção da saúde humana. Os resultados obtidos na estação de Monte Chãos, única com monitorização deste poluente, não indicam situações de incumprimento nem níveis de exposição preocupantes no período em análise, mas ao ser a única estação de monitorização deste poluente, constitui um fator condicionante da avaliação da sua cobertura espacial.

4.7 Avaliação Global e Eficiência da RQMAA

Neste capítulo, pretende-se fazer uma avaliação global de desempenho da RQMAA, através da análise em simultâneo do cumprimento dos valores normativos legalmente estabelecidos e a eficiência da monitorização realizada ao longo do ano de 2024.

A análise tem por referência os normativos legais definidos na legislação nacional e europeia em vigor, distinguindo os critérios aplicáveis à proteção da saúde humana e à proteção da vegetação, bem como considerando, de forma integrada, a representatividade espacial e a robustez dos dados recolhidos nas diferentes estações de monitorização.

De recordar que a avaliação regulamentar da qualidade do ar não depende apenas dos níveis de concentração observados, mas também da eficiência de recolha de dados e da cobertura dos parâmetros regulamentares em cada estação.

4.7.1 Proteção da saúde humana

A tabela 22 sintetiza a verificação da conformidade legal dos principais poluentes atmosféricos para a **proteção da saúde humana**, considerando o conjunto das estações de monitorização do Alentejo. Da sua análise observamos que:

- Tendo como referência apenas os parâmetros avaliados com eficiência de dados suficiente, observa-se que todas as estações de monitorização se encontram em conformidade com os valores-limite legalmente estabelecidos para os poluentes NO₂, SO₂, CO, PM₁₀ e PM_{2,5}. Nestes parâmetros também não foram observadas ultrapassagens dos limiares de alerta, o que indica a ausência de situações de risco agudo para a saúde da população durante o período em análise;
- Já no que se refere ao poluente O₃, observou-se o não cumprimento do Objetivo a Longo Prazo, definido na legislação em vigor, nas estações de Monte Velho e de Santiago do Cacém. Importa recordar que este parâmetro não tem carácter vinculativo, constituindo uma meta indicativa de melhoria progressiva da qualidade do ar, frequentemente influenciada por processos de formação fotoquímica e transporte atmosférico à escala regional e suprarregional;
- No que respeita aos limiares de informação e de alerta, a tabela evidencia que, nas estações com eficiência de dados suficiente, não se registaram excedências para nenhum dos poluentes considerados, o que indica a ausência de episódios de poluição com impacto agudo na saúde da população durante o período analisado.

Em termos de **eficiência e cobertura da monitorização**:

- A RMQAA apresenta um bom desempenho para os poluentes CO, PM₁₀, PM_{2,5} e C₆H₆, com dados suficientes para a avaliação regulamentar. De referir que o CO e o C₆H₆, ao ser monitorizado apenas numa estação.
- Com exceção dos poluentes monitorizados numa única estação da RQMAA (CO e C₆H₆), a análise evidencia que apenas o poluente PM₁₀ registou um conjunto de dados com eficiência suficiente que permitem a avaliação regulamentar de todos os valores-limite em todas as estações.
- No que se refere ao poluente SO₂, observa-se que este poluente registou o maior número de lacunas, dispondo-se apenas de um conjunto de dados adequados para uma avaliação regulamentar completa, nomeadamente o Valor Limite Diário na estação de Monte Velho.
- A representatividade das estações, avaliada pela relação entre o número total de medições possíveis e as medições efetivamente realizadas com eficiência, varia entre 15% e 71%, evidenciando limitações significativas na cobertura dos parâmetros regulamentares. Apenas as estações de Monte Chãos, Monte Velho e Santiago do Cacém apresentam os valores mais elevados de representatividade, enquanto as restantes registam níveis de eficiência mais reduzidos, o que condiciona a robustez das conclusões.
- Apesar das limitações referidas, os resultados disponíveis não indicam situações de incumprimento dos valores-limite legalmente estabelecidos, confirmando, de forma global, uma situação de boa qualidade do ar na região do Alentejo, ainda que com margem para melhoria ao nível da eficiência e abrangência da monitorização.

Tabela 22 - Conformidade Global para a proteção da saúde humana

Poluentes	Tipo de Valor Normativo	Estações				
		Monte Chãos	Monte Velho	Santiago do Cacém	Sonega	Terena
NO ₂	Valor Limite Horário	⚠	⚠	✓	⚠	✓
	Valor Limite Anual	⚠	⚠	✓	⚠	✓
	Valor Limiar de Alerta	⚠	⚠	✓	⚠	✓
SO ₂	Valor Limite Horário	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
	Valor Limite Diário	⚠	✓	⚠	⚠	⚠
	Valor Limiar de Alerta	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠
O ₃	Valor-Alvo	✓	✓	✓	⚠	⚠
	Objetivo a Longo Prazo	✓	✗	✗	⚠	⚠
	Valor Limiar de Informação	✓	✓	✓	⚠	⚠
	Valor Limiar de Alerta	✓	✓	✓	⚠	⚠
CO	Valor Limite	-	-	✓	-	-
PM ₁₀	Valor Limite Diário	✓	✓	✓	✓	✓
	Valor Limite Anual	✓	✓	✓	✓	✓
PM _{2,5}	Valor Limite Anual	✓	✓	⚠	⚠	✓
C ₆ H ₆	Valor Limite Anual	✓	-	-	-	-
Representatividade por estação (%) ⁽¹⁾		57	62	71	15	46

✓	Em conformidade.
✗	Sem conformidade.
⚠	Sem eficiência: dados insuficientes para avaliação regulamentar.
-	Não mede: a estação não dispõe de equipamento para este poluente.

(1) A representatividade (%) corresponde à proporção de valores normativos avaliados face ao total de valores normativos aplicáveis na estação.
Fonte.: Elaboração própria

4.7.2 Proteção da vegetação

A Tabela 23 sintetiza a verificação da conformidade legal dos principais poluentes atmosféricos relevantes para a **proteção da vegetação**, nas estações de monitorização da região Alentejo.

A análise dos dados observados, em termos de **cumprimento dos valores normativos**, evidencia que as estações de monitorização se encontram em conformidade com os valores normativos legais para todos os poluentes, considerando apenas os parâmetros avaliados com eficiência de dados suficientes.

Em termos de **eficiência de monitorização**:

- Relativamente ao poluente NO_x, este poluente cumpre o nível crítico em ambas as estações, o que quer dizer que não se identificaram riscos significativos para a vegetação associados ao mesmo.

- Já no que se refere ao poluente O₃, verifica-se que cumpre o Valor-Alvo bem como o Objetivo a Longo Prazo, nas estações em que é monitorizado. Esta observação indica uma situação favorável no que respeita aos potenciais efeitos do poluente em apreço sobre os ecossistemas vegetais.
- No que se refere ao poluente SO₂ não é possível fazer uma avaliação crítica dos dados porque as estações de monitorização não dispõem de dados com eficiência suficiente para a avaliação do Nível Crítico no período correspondente ao ano civil, tendo apenas sido possível essa avaliação no período de inverno, na estação de Terena, onde se verificou a conformidade com o valor normativo em vigor.;
- A representatividade dos valores normativos avaliados, 60% em Monte Velho e 80% em Terena, condiciona a robustez da avaliação regulamentar, constituindo um fator limitativo na interpretação dos dados, condicionando a robustez das conclusões sobre o cumprimento dos valores normativos da qualidade do ar.
- Apesar das limitações referidas, os dados disponíveis não indicam situações de incumprimento dos valores normativos aplicáveis à proteção da vegetação da região.

Tabela 23 - Conformidade Global para proteção da vegetação

Poluentes	Tipo de Valor Normativo	Estações	
		Monte Velho	Terena
No _x	Nível Crítico	✓	✓
SO ₂	Nível Crítico - Ano Civil	⚠	⚠
	Nível Crítico - Período de Inverno	⚠	✓
O ₃	Valor-Alvo	✓	✓
	Objetivo a Longo Prazo	✓	✓
Representatividade por estação (%) ⁽¹⁾		60	80

(1) A representatividade (%) corresponde à proporção de valores normativos avaliados face ao total de valores normativos aplicáveis na estação.

✓	Em conformidade.
⚠	Sem eficiência: dados insuficientes para avaliação regulamentar.

Fonte: Elaboração própria

4.7.3 Desempenho da RMQAA face às metas da Qualidade do Ar

A análise global da qualidade do ar na região Alentejo, em 2024, evidencia que a robustez da avaliação regulamentar está diretamente dependente da eficiência da RMQAA, bem como da representatividade dos valores normativos avaliados em cada estação. A eficiência de recolha de dados, tal como referido nos pontos anteriores, variou entre estações e poluentes, condicionando, em alguns casos, a possibilidade de proceder a uma avaliação regulamentar completa.

Tal como indicado, esta situação resulta de limitações operacionais associadas à indisponibilidade de equipamentos e a necessidades de manutenção, normais em redes de

monitorização contínua de elevada complexidade técnica. Estas condicionantes influenciam a extensão da avaliação regulamentar, devendo ser consideradas na interpretação global dos dados apresentados.

A Diretiva (UE) 2024/2881 estabelece um novo quadro normativo destinado a melhorar a qualidade do ar e a assegurar um ar mais limpo em toda a Europa, com vista à eliminação dos efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente até 2050, definindo metas para 2030. Esta diretiva agrega e substitui as Diretivas 2004/107/CE e 2008/50/CE, introduzindo normas mais rigorosas de planeamento, monitorização e execução para proteger a saúde humana e o ambiente.

O seu principal objetivo é alinhar os padrões de qualidade do ar da União Europeia com os valores-guia da OMS, atualizados em 2021 para os poluentes NO₂, SO₂, O₃, CO, PM₁₀, PM_{2,5} e C₆H₆. Para esse efeito, são estabelecidas normas vinculativas de qualidade do ar para 13 poluentes, e prevista a sua revisão periódica com base na evolução do conhecimento científico e nas **orientações da OMS**, contribuindo para a concretização da ambição da União Europeia de poluição zero, em articulação com os objetivos ambientais e de biodiversidade.

A Tabela 24 apresenta uma avaliação das concentrações dos vários poluentes registados nas estações da RMQAA, analisando o respetivo enquadramento face aos objetivos de qualidade do ar estabelecidos pela nova diretiva para 2030, bem como em relação aos limites definidos na legislação europeia e nacional atualmente em vigor. Adicionalmente, são considerados os valores-guia da OMS, através da sua comparação com o enquadramento regulamentar europeu previsto para 2030, cujo objetivo é a convergência progressiva com essas recomendações.

Tabela 24 - Conformidade legal com a regulamentação europeia e nacional em vigor, metas europeias para 2030 e recomendações da OMS

Poluente	Período de avaliação	Regulamentação Europeia e Nacional em vigor	Regulamentação Europeia para 2030	Recomendações OMS	Valores medidos nas estações (µg/m³)				
		Valor (µg/m³) (nº de excedências permitidas por ano civil)	Valor (µg/m³) (nº de excedências permitidas por ano civil)	Valor-guia (µg/m³)	Monte e Chãos	Monte e Velho	Santiago do Cacém	Sonega	Terença
NO ₂	Horário ⁽³⁾	200 (18)	200 (3)	200	68	35	17	45	2
	Diário ⁽⁴⁾	-	50 (18)	25	24	8	6	10	1
	Anual ⁽⁵⁾	40	20	10	8	3	2	4	1
SO ₂	Horário ⁽³⁾	350 (24)	350 (3)	-	66	21	22	37	4
	Diário ⁽⁴⁾	125 (3)	50 (18)	40	7	6	16	21	4
O ₃	Máximo diário 8h	120 (25)	120 (18)	100	106	131 ⁽⁶⁾	137 ⁽⁶⁾	106	105
	AOT40	18 000	18 000	-	-	1 431	-	-	1918
	Alta temporada ⁽¹⁾	-	-	60	72	68	94	19	76
CO	Horário ⁽³⁾	-	-	35 000	-	-	464	-	-
	Máximo diário 8h	10 000	10 000	10 000	-	-	247	-	-
	Diário ⁽⁴⁾	-	4 000 (18)	4 000	-	-	200	-	-
PM ₁₀ ⁽²⁾	Diário ⁽⁴⁾	50 (35)	45 (18)	45	81 ⁽⁶⁾	154 ⁽⁶⁾	81 ⁽⁶⁾	73 ⁽⁶⁾	60 ⁽⁶⁾
	Anual ⁽⁵⁾	40	20	15	15	19	16	15	14
PM _{2,5} ⁽²⁾	Diário ⁽⁴⁾	-	25 (18)	15	21	53 ⁽⁶⁾	36	21	19
	Anual ⁽⁵⁾	25	10	5	4	10	6	5	17
C ₆ H ₆	Anual ⁽⁵⁾	5	3,4	1,7	0,02	-	-	-	-

	Cumpre com todas as referências.
	Não cumpre com os valores-guia da OMS.
	Não cumpre com a taxa mínima de eficiência de recolha de dados.
-	Poluente não medido.

- (1) Média dos máximos diários das médias de 8h nos seis meses consecutivos com as médias mais altas. Para o cálculo, foram considerados os meses de abril a setembro;
- (2) Os valores apresentados não consideram os descontos do valor estimado como contributo do transporte de partículas do norte de África;
- (3) Considerados os máximos das médias horárias;
- (4) Considerados os máximos das médias diárias;
- (5) Consideradas as médias anuais;
- (6) Apesar da ocorrência de ultrapassagens relativamente à legislação em vigor e à regulamentação europeia pós 2030, o número de excedências é inferior ao limite permitido, verificando-se o cumprimento legal.

Fonte: Elaboração própria

A avaliação do desempenho da RMQAA evidencia que:

- As concentrações médias e máximas dos poluentes NO₂, SO₂, CO e C₆H₆ são substancialmente inferiores aos valores-limite legais e às recomendações da OMS, revelando uma boa qualidade do ar;
- Os principais fatores de pressão sobre a qualidade do ar estão associados ao ozono e ao material particulado, cujas concentrações - embora cumpram a regulamentação europeia e nacional em vigor e a regulamentação para 2030 - excedem de forma recorrente os valores-guia da OMS, evidenciando exposição crónica acima dos níveis considerados seguros;
- O O₃ revela a situação mais crítica uma vez que todas as estações com eficiência excedem os valores-guia definidos para o máximo diário de 8h e para a Alta temporada;
- O material particulado é o poluente que apresenta os valores mais elevados face aos valores-guia, ultrapassando o número de excedências permitidas por ano. No entanto, importa referir que, conforme mencionado anteriormente, estes resultados estão, em grande parte, associados à ocorrência de eventos naturais, nomeadamente ao transporte de poeiras provenientes do Norte de África. Os efeitos destes episódios não são considerados nem descontados nos valores apresentados, pelo que as concentrações registadas poderão não refletir, necessariamente, uma situação de poluição de origem antropogénica nem constituir um problema estrutural de qualidade do ar, uma vez que estes eventos não são passíveis de controlo;
- Apesar destas diferenças em relação às orientações da OMS, as médias anuais do material particulado, permanecem abaixo da metade do valor-limite definido na legislação nacional e europeia em vigor (40 µg/m³ para o PM₁₀ e 25 µg/m³ para o PM_{2,5}), confirmando o cumprimento do quadro legal vigente e, evidenciando, de forma global, uma boa qualidade do ar na região.

Como conclusão, os resultados da RMQAA relativos a 2024, evidenciam que a rede apresenta uma configuração adequada à caracterização da qualidade do ar na região Alentejo, cumprindo a sua função regulamentar essencial, sempre em linha com as exigências crescentes do novo quadro legislativo europeu e com os objetivos de proteção da saúde humana e do ambiente. Esta observação não impede que existam margens de melhoria ao nível da eficiência, continuidade e abrangência da monitorização, associadas a limitações operacionais e técnicas, que não comprometem a identificação de situações de incumprimento legal, mas condicionam a avaliação detalhada da exposição crónica da população e dos ecossistemas, bem como a análise de tendências temporais.

No que se refere à avaliação do cumprimento dos valores-limite e dos valores-alvo definidos na regulamentação nacional e europeia em vigor, bem como dos requisitos estabelecidos para 2030, observa-se que, nos parâmetros que têm o nível de eficiência suficiente, são cumpridos os limites regulamentados. No entanto, observa-se que no que se refere à avaliação realizada à luz dos valores-guia da OMS, mais restritivos e orientados para a proteção da saúde humana, verificam-se incumprimentos frequentes, sobretudo no que respeita ao ozono troposférico (O₃) e ao material particulado, refletindo desafios ao nível da proteção da saúde pública, reforçando a necessidade de uma abordagem preventiva e integrada na gestão da qualidade do ar.

5. Conclusões e Recomendações

No decurso de 2024, a região Alentejo apresenta uma situação globalmente favorável em termos de qualidade do ar, com cumprimento generalizado dos valores legalmente definidos na legislação nacional e europeia em vigor para a proteção da saúde humana e da vegetação, considerando os parâmetros avaliados com eficiência de dados regulamentares.

De referir que os resultados obtidos devem ser interpretados à luz da caracterização da RMQAA, maioritariamente composta por estações de tipologia rural de fundo e suburbana, representativas de contextos com reduzida pressão antrópica direta. Esta configuração da rede contribui para os níveis globalmente baixos de poluição observados, como refletido nos resultados de alguns poluentes, mas exige simultaneamente uma leitura crítica da representatividade espacial e da cobertura dos diferentes poluentes.

Pelo exposto e de forma sucinta pode-se concluir que em 2024, na RMQAA:

- Não se verificaram ultrapassagens dos valores-limite, valores-alvo ou limiares de alerta e de informação para os poluentes regulamentados analisados (NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, CO , C_6H_6 , SO_2 e O_3), considerando exclusivamente os parâmetros avaliados com eficiência de dados regulamentar;
- As concentrações médias anuais observadas situam-se, na generalidade, muito abaixo dos limites legais, refletindo uma exposição reduzida da população a níveis potencialmente nocivos de poluição atmosférica;
- No caso do ozono troposférico (O_3), embora se registre o cumprimento dos valores-alvo legais, verificam-se situações pontuais de não cumprimento do Objetivo a Longo Prazo, em consonância com o comportamento regional deste poluente secundário, fortemente dependente de processos fotoquímicos e de transporte atmosférico à escala suprarregional;
- Para os poluentes NO_x e SO_2 , os níveis registados nas estações rurais de fundo encontram-se claramente abaixo dos níveis críticos estabelecidos para a proteção da vegetação, não se identificando riscos relevantes para os ecossistemas;
- Os baixos níveis de poluentes primários, como o NO_2 , o CO e o C_6H_6 , são compatíveis com as características estruturais da região, nomeadamente a menor densidade populacional, reduzida intensidade de tráfego rodoviário e menor pressão industrial, quando comparadas com regiões mais urbanizadas;
- Mesmo nos poluentes em que não foi possível fazer uma avaliação crítica dos dados porque as estações de monitorização não dispõem de dados com eficiência suficiente para a avaliação, os dados disponíveis nas mesmas não indicam, no entanto, situações de incumprimento dos valores normativos aplicáveis;

-
- Não obstante os resultados globalmente positivos, a avaliação da qualidade do ar na Região encontra-se condicionada por limitações associadas à eficiência de recolha de dados em várias estações da RMQAA, uma vez que há poluentes com níveis de eficiência inferiores ao mínimo regulamentar (85%). Estas limitações:
 - reduzem a robustez estatística da avaliação regulamentar, restringindo a capacidade de comparação espacial e temporal entre estações;
 - impedem uma caracterização completa de episódios de curta duração e a deteção precoce de eventuais situações críticas;
 - podem contribuir para a redução da eficácia das medidas de prevenção e de proteção da saúde pública, especialmente em áreas com maior influência de fontes emissoras.

Atendendo às conclusões supra e à necessidade de dar cumprimento ao legalmente estipulado, por forma a ultrapassar as limitações e constrangimentos detetados na avaliação e monitorização da qualidade do ar do Alentejo, recomenda-se que:

- Sejam asseguradas/reforçadas as ações de manutenção regular, calibração e renovação dos equipamentos de monitorização, de modo a assegurar taxas de eficiência compatíveis com os requisitos legais;
- Criar as condições para minimizar eventuais períodos de indisponibilidade que comprometam a avaliação regulamentar;
- Se mantenha a monitorização sistemática dos poluentes secundários, em particular do ozono troposférico, dada a sua relevância regional e a sua ligação a fenómenos climáticos e fotoquímicos
- Seja reforçada a divulgação pública dos resultados gerados pela RMQAA na página web da CCDR Alentejo, I.P., contribuindo para a sensibilização da população e para a transparência na gestão da qualidade do ar.

Em síntese, o relatório confirma a boa qualidade do ar no Alentejo, mas sublinha igualmente a importância estratégica de assegurar uma rede de monitorização plenamente funcional e eficiente, como suporte essencial à proteção da saúde pública, dos ecossistemas e à definição de políticas ambientais regionais sustentadas em informação técnica robusta.

Referências Bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2021).** *Relatório de monitorização ambiental anual de 2021 da Zona Industrial e Logística de Sines*. Disponível em <https://globalparques.pt/wp-content/uploads/2024/03/Relatorio-Anual-2021-PMA.pdf>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2024).** *Emissões de poluentes atmosféricos por concelho — 2023 (Distribuição espacial de emissões nacionais)*. Disponível em https://apambiente.pt/sites/default/files/Clima/Inventarios/emissoes_concelho_2023.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2024).** *Relatório do Estado do Ambiente — Precipitação e temperatura*. Disponível em <https://rea.apambiente.pt/content/precipitação-e-temperatura>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2025).** *Emissões de poluentes atmosféricos por concelho — 2025 (Distribuição espacial de emissões nacionais)*. Disponível em https://apambiente.pt/sites/default/files/Clima/Inventarios/emissoes_concelho_2025.pdf
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve, I.P. (2015).** *Rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Algarve, 2015*. Disponível em <https://www.ccdr-alg.pt/site/monitorizacao-da-qualidade-do-ar>
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P. (2024).** *Avaliação da qualidade do ar ambiente na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2023*. Disponível em https://www.ccdr-lvt.pt/wp-content/uploads/2024/12/Relatorio_Avaliacao-Qualidade-do-Ar-2023-final.pdf
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, I.P. (2025).** *Avaliação da qualidade do ar ambiente na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2024*. Disponível em https://www.ccdr-lvt.pt/wp-content/uploads/2025/10/Relatorio_Qualidade_Ar_CCDR-LVT_2024_1.pdf
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, I.P., & FCT NOVA. (2021).** *Avaliação da representatividade das estações de monitorização da qualidade do ar da Região Norte (Relatório, abril 2021)*. Disponível em https://www.ccdr-n.pt/storage/app/media/uploaded-files/REL2_CCDRN_FCTNOVA_Representatividade%20EQA.pdf
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2025).** *Boletim climatológico anual de Portugal Continental – 2024*. IPMA. Disponível em https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20250526/xiNByPWkDQAYUpsWxAhm/cli_20241201_20241231_pcl_aa_co_pt.pdf
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2025).** *Boletim climatológico mensal de dezembro de 2024*. IPMA. Disponível em <https://www.ipma.pt>
- NASA Earth Observatory. (2024).** *Desert dust envelops Portugal and Spain*. Disponível em <https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/desert-dust-envelops-portugal-and-spain-152604/>
- Peterson, T. C., Folland, C. K., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., & Plummer, N. (2001).** *Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs, 1998–2001* (WCDMP-No. 47; WMO-TD No. 1071). World Meteorological Organization. Disponível em <https://library.wmo.int/records/item/37423-report-on-the-activities-of-the-working-group-on-climate-change-detection-and-related-rapporteurs?offset=5227>