



Referencial Metodológico da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Alentejo

VERSÃO 1 | MAIO 2026

Ficha Técnica

Título

Referencial Metodológico da rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Alentejo

Propriedade

[Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo, I.P.](#)

Avenida Engenheiro Arantes e Oliveira, n.º 193

7004-514 Évora

Tel.: +351 266 740 300

Coordenação Institucional

Dra Sónia Cristina Silva dos Ramos

Vice-Presidente da CCDR Alentejo I.P., no exercício das competências delegadas na área do Ambiente

Elaboração Técnica

Serviços Sub-regionais do Alentejo Litoral

Edição

Maio de 2026

Índice

ACRÓNIMOS, UNIDADES E SÍMBOLOS.....	5
1. ENQUADRAMENTO	5
1.1. QUALIDADE DO AR E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	5
1.2. ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL	6
2. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO	7
3. NORMAS E CONCEITOS	9
3.1. NORMAS DE QUALIDADE DO AR	9
4. REDE DE MONITORIZAÇÃO	11
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA REDE E DAS ESTAÇÕES.....	11
5. METODOLOGIA DE MONITORIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE DADOS	19
6. POLUENTES	22
6.1. ÓXIDOS DE AZOTO (NO ₂ E NO _x).....	22
6.2. DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO ₂)	26
6.3. OZONO (O ₃)	29
6.4. MONÓXIDO DE CARBONO (CO).....	32
6.5. MATERIAL PARTICULADO (PM10 E PM2,5)	34
6.6. BENZENO (C ₆ H ₆).....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

Índice de figuras

Figura 1 – Fatores que condicionam a qualidade do ar.....	5
Figura 2 – Estação de Controle de Poluição Atmosférica da Sonega	11
Figura 3 – Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDR Alentejo, I.P.....	12
Figura 4 – Estação de Monitorização de Monte Chãos	13
Figura 5 – Estação de Monitorização de Santiago do Cacém	14
Figura 6 – Estação de Monitorização da Sonega	15
Figura 7 – Estação de Monitorização de Monte Velho.....	16
Figura 8 – Estação de Monitorização de Terena.....	17
Figura 9 – Estação Móvel de Monitorização.....	18
Figura 10 – Analisador automático de óxidos de azoto.....	25
Figura 11 – Analisador automático de SO ₂	28
Figura 12 – Analisador automático de O ₃	31
Figura 13 – Analisador automático de CO	33
Figura 14 – Analisadores automáticos de PM	36
Figura 15 – Analisador automático de C ₆ H ₆	39

Índice de tabelas

Tabela 1 – Caracterização da Estação de Monitorização de Monte Chãos.....	13
Tabela 2 – Caracterização da Estação de Monitorização de Santiago do Cacém	14
Tabela 3 – Caracterização da Estação de Monitorização de Sonega.....	15
Tabela 4 – Caracterização da Estação de Monitorização de Monte Velho	16
Tabela 5 – Caracterização da Estação de Monitorização de Terena	17
Tabela 6 – Caracterização da Estação Móvel de Monitorização	18
Tabela 7 – Valores normativos legais para o poluente NO ₂	24
Tabela 8 – Valores normativos legais para o poluente NO _x	24
Tabela 9 – Valores normativos legais para o poluente SO ₂	27
Tabela 10 – Valores normativos para o poluente O ₃	30
Tabela 11 – Valores normativos legais para o poluente CO.....	32
Tabela 12 – Valores normativos legais para as partículas PM ₁₀	35
Tabela 13 – Valores normativos legais para as partículas PM _{2,5}	35
Tabela 14 – Valores normativos legais para o poluente C ₆ H ₆	38

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 - Cádmió

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)

1. Enquadramento

1.1. Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica

A atmosfera corresponde à camada de gases que envolve a Terra e é formada por uma mistura de gases designada por ar, composta maioritariamente por azoto (cerca de 78%) e oxigénio (aproximadamente 21%), além de outros gases. O ar é essencial à vida e ao funcionamento dos ecossistemas.

A qualidade do ar depende da presença e da concentração de poluentes atmosféricos provenientes de fontes naturais ou de atividades humanas, como os transportes, a indústria ou a produção de energia, entre outros. Após a sua emissão, os poluentes ficam sujeitos a processos de dispersão, transporte e transformação química na atmosfera, sendo a sua concentração influenciada por fatores meteorológicos e pelas características locais do território.

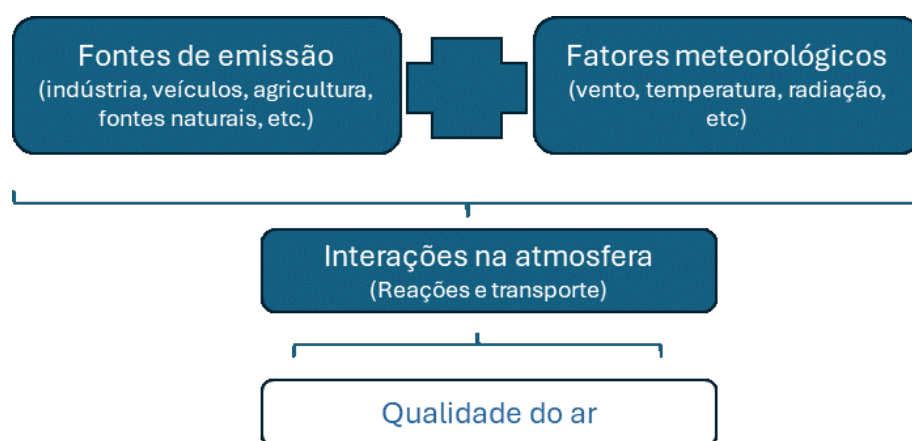


Figura 1 – Fatores que condicionam a qualidade do ar

Fonte: Adaptado de APA – Agência Portuguesa do Ambiente (2021).

A poluição atmosférica constitui um problema ambiental de relevo, com impactes na saúde humana, nos ecossistemas e na qualidade de vida das populações. Neste contexto, a monitorização e avaliação da qualidade do ar assumem um papel fundamental, permitindo caracterizar os níveis de poluentes na atmosfera, apoiar a definição de políticas públicas e assegurar a disponibilização de informação ao público.

Neste enquadramento, com o presente Referencial Metodológico da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Alentejo (RMQAA) pretende-se estabelecer o enquadramento normativo, a organização, a caracterização, os princípios metodológicos e os critérios procedimentais que regem a avaliação da qualidade do ar na Região do Alentejo.

Com este documento pretende-se autonomizar as componentes que apresentam um carácter permanente, evitando a repetição sistemática de conteúdos metodológicos e normativos e visando assegurar coerência técnica e estabilidade metodológica ao longo do tempo. Assim,

os Relatórios Anuais da Qualidade do Ar na Região do Alentejo irão concentrar-se exclusivamente na análise dos resultados obtidos em cada ano civil, na avaliação das tendências e na formulação de conclusões e recomendações.

O presente Referencial não constitui um manual operativo de funcionamento técnico dos equipamentos, nem substitui procedimentos internos específicos de manutenção ou calibração, mas constitui-se como o documento de referência que estabelece o quadro metodológico que suporta a produção, validação e avaliação dos dados de qualidade do ar reportados pela RMQAA.

Sempre que ocorram alterações legislativas relevantes, modificações estruturais da rede ou atualização dos critérios metodológicos, o documento será objeto de revisão formal.

1.2. Enquadramento Institucional

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 na região Alentejo, assegurando a manutenção das estações, a recolha e o controlo de qualidade dos dados e a respetiva validação técnica preliminar.

Esta rede integra-se no [Sistema Nacional de Informação da Qualidade do Ar](#) (QualAr), coordenado a nível nacional pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, IP), enquanto autoridade nacional competente em matéria de qualidade do ar. Nos termos dos normativos em vigor, compete à APA, IP a coordenação técnica do sistema nacional de monitorização, a validação dos dados, a consolidação da informação a nível nacional, a sua divulgação publicamente através do [QualAr](#) e o reporte oficial às instituições europeias.

No âmbito deste enquadramento, compete à CCDR Alentejo, IP assegurar a monitorização contínua dos principais poluentes atmosféricos na região Alentejo (garantindo a sua qualidade e a exatidão dos medições dos poluentes) contribuindo para a avaliação sistemática da qualidade do ar, para a identificação de eventuais ultrapassagens aos valores legalmente estabelecidos, para o acompanhamento da eficácia das políticas públicas de mitigação e da aplicação das políticas de ambiente e das normas europeias e nacionais em matéria de qualidade do ar.

A CCDR Alentejo, IP tem ainda competência na:

- disponibilização da informação relativa à qualidade do ar e a comunicação das excedências aos limiares de informação e alerta ao público e a um conjunto de entidades que incluem as autarquias locais e autoridades de saúde
- bem como a elaboração, promoção da aplicação e acompanhamento da execução dos planos de qualidade do ar, com as medidas destinadas a atingir os valores-limite ou valores-alvo.

De acordo com a Diretiva Quadro da Qualidade do Ar, a monitorização da qualidade do ar tem como finalidade a proteção da saúde humana e do ambiente, através da verificação do

cumprimento dos valores-limite, valores-alvo, limiares de informação e de alerta e objetivos de longo prazo.

2. 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, de 6 de agosto](#), 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 Cádmiio (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.

O presente referencial considera o enquadramento jurídico atualmente em vigor à data da sua validação, sem prejuízo da futura adaptação decorrente da transposição da Diretiva (UE) 2024/2881, relativa à qualidade do ar ambiente.

Importa referir que os valores legais estabelecidos na legislação europeia podem diferir das recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), que define orientações mais exigentes com base na evidência científica mais recente.

3. Normas e Conceitos

3.1. 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 corresponde à 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	Nível de concentração de um poluente 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	Nível de concentração de um poluente 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	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	Nível de concentração de um poluente 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	Nível de concentração 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	Nível de concentração de um poluente fixado com base em conhecimentos científicos, com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e ou no ambiente, a atingir num prazo determinado e que, quando atingido, não deve ser excedido.
Valor médio diário	Valor médio calculado com base em pelo menos 18 valores médios horários (75% das médias horárias do dia).
Valor médio horário	Valor médio calculado com base em medições efetuadas em intervalos de tempo de 15 minutos, sendo requerida uma taxa mínima de recolha de dados de 75%.
Valor médio 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.

3.2. Conceitos

Aglomeração	Zona que constitui uma conurbação caracterizada por um número de habitantes superior a 250 000 ou, em casos específicos, 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 .
Ar ambiente	Ar exterior presente na troposfera, excluindo locais de trabalho, ambientes interiores e outros espaços aos quais o público não tenha acesso regular.
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 incontrollados, ventos de grande intensidade, aerossóis marinhos ou a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões secas.
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	Compostos orgânicos, formados pelo menos por dois anéis aromáticos fundidos, inteiramente constituídos por carbono e hidrogénio.
Material particulado (PM)	Mistura de partículas sólidas e líquidas suspensas no ar, classificadas de acordo com o seu diâmetro aerodinâmico, designadamente PM ₁₀ (≤10 µm) e PM _{2,5} (≤2,5 µm).
Onda de calor (HWDI – HeatWave 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	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.

4. Rede de Monitorização

4.1. Caracterização da Rede e das Estações

A Rede de Monitorização da Qualidade do Ar do Alentejo (RMQAA) é composta por cinco estações de monitorização da qualidade do ar 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.



Figura 2 – Estação de Controle de Poluição Atmosférica da Sonega

Autor: Rosa Onofre (2025).

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.

As estações de monitorização fixas (Figura 3) estão localizadas nos concelhos de Santiago do Cacém, Sines e Alandroal. 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 nos termos legalmente definidos.

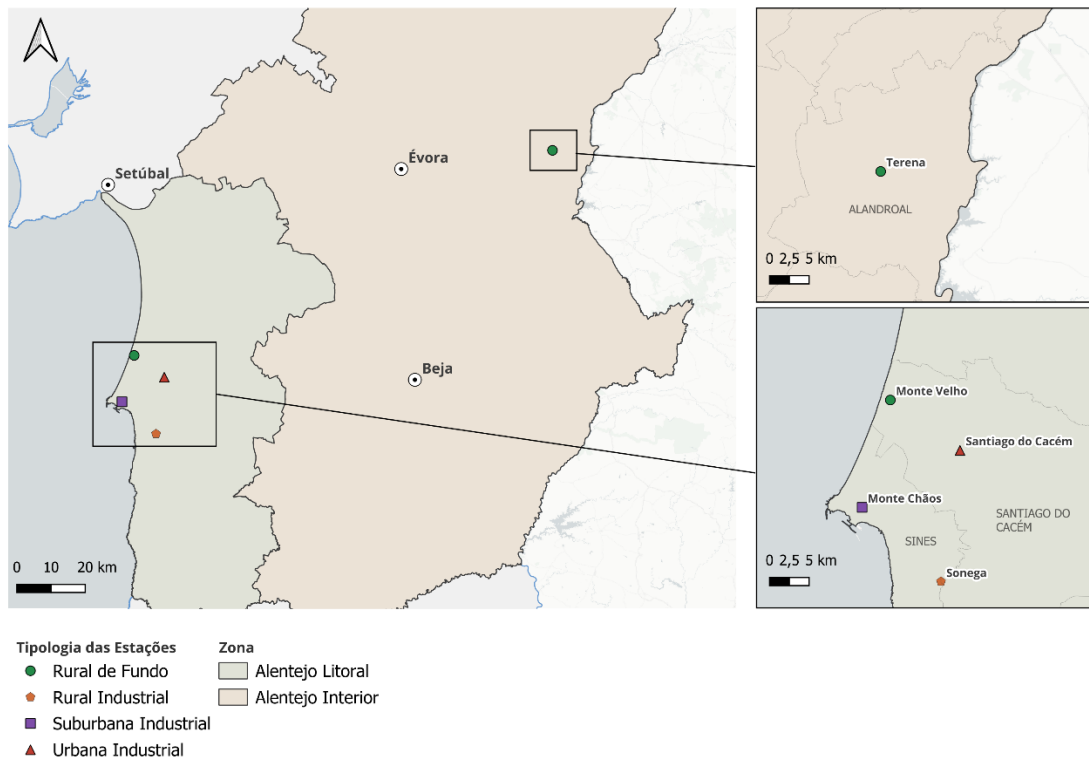


Figura 3 – Localização das estações da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da CCDR Alentejo, I.P.

Fonte: Elaboração própria

Nos termos da legislação em vigor, as estações de monitorização 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.

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.

As estações representam as seguintes características e poluentes monitorizados, 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 poluentes de origem industrial, aos quais a população pode estar pontualmente exposta.

Estação de Monitorização de Monte Chãos



Figura 4 – Estação de Monitorização de Monte Chãos

Autor: Madalena Arcanjo (2026).

Na tabela seguinte estão identificados os poluentes monitorizados na estação de monitorização de Monte Chãos.

Tabela 1 – Caracterização da Estação de Monitorização de Monte Chãos

Tipo de estação	Concelho	Poluentes medidos								
		NO	NO ₂	Nox	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	CO	C ₆ H ₆
Suburbana Industrial	Sines	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓

✓ Poluente medido com regime de monitorização fixa
 ✗ Poluente não medido

Uma nota para o benzeno (C₆H₆) que constitui um poluente atmosférico associado a contextos urbanos e a fontes de emissão relacionadas com atividades industriais e com o tráfego rodoviário. Assim sendo, e uma vez que a estação de Monte Chãos, se localiza entre a cidade de Sines e o principal pólo industrial da região Alentejo, esta estação é a única que assegura a monitorização do C₆H₆, o que permite avaliar o eventual contributo destas fontes para os níveis deste poluente na atmosfera.

Estação de Monitorização de Santiago do Cacém



Figura 5 – Estação de Monitorização de Santiago do Cacém

Autor: Madalena Arcanjo (2025).

Na tabela seguinte estão identificados os poluentes monitorizados na estação de monitorização de Santiago do Cacém.

Tabela 2 – Caracterização da Estação de Monitorização de Santiago do Cacém

Tipo de estação	Concelho	Poluentes medidos								
		NO	NO ₂	Nox	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	CO	C ₆ H ₆
Urbana Industrial	Santiago do Cacém	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗

✓ Poluente medido com regime de monitorização fixa
 ✗ Poluente não medido

Tendo em atenção as possíveis fontes de emissão do poluente CO, no âmbito da renovação da estação de Santiago do Cacém, a monitorização de CO foi instalada nesta estação uma vez que reunia as condições técnicas adequadas para a análise deste poluente, sendo a única, no âmbito da RMQAA.

Estação de Monitorização de Sonega



Figura 6 – Estação de Monitorização da Sonega

Autor: Rosa Onofre (2026).

Na tabela seguinte estão identificados os poluentes monitorizados na estação de monitorização de Sonega.

Tabela 3 – Caracterização da Estação de Monitorização de Sonega

Tipo de estação	Concelho	Poluentes medidos								
		NO	NO ₂	Nox	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	CO	C ₆ H ₆
Rural Industrial	Sines	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗

✓ Poluente medido com regime de monitorização fixa
✗ Poluente não medido

- **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.

Estação de Monitorização de Monte Velho



Figura 7 – Estação de Monitorização de Monte Velho

Autor: Paulo Beliche (2014/2025).

Na tabela seguinte estão identificados os poluentes monitorizados na estação de monitorização de Monte Velho.

Tabela 4 – Caracterização da Estação de Monitorização de Monte Velho

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
Rural de Fundo	Santiago do Cacém	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗

✓	Poluente medido com regime de monitorização fixa
✗	Poluente não medido

Uma nota para o facto de que os dados monitorizados nesta estação referentes aos poluentes SO₂, NO_x e O₃, são referenciais para a verificação do cumprimento dos objetivos de qualidade do ar definidos para a proteção da vegetação.

Estação de Monitorização de Terena



Figura 8 – Estação de Monitorização de Terena

Autor: Madalena Arcanjo (2026).

Na tabela seguinte estão identificados os poluentes monitorizados na estação de monitorização de Terena.

Tabela 5 – Caracterização da Estação de Monitorização de Terena

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
Rural de Fundo	Alandroal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗

✓	Poluente medido com regime de monitorização fixa
✗	Poluente não medido

Uma nota para o facto de que os dados monitorizados nesta estação referentes aos poluentes SO₂, NO_x e O₃, são referenciais para a verificação do cumprimento dos objetivos de qualidade do ar definidos para a proteção da vegetação.

Estação Móvel de Monitorização

A RMQAA integra também uma estação móvel de monitorização da qualidade do ar, destinada à realização de campanhas indicativas e à avaliação de situações específicas, definidas pelos serviços da CCDR Alentejo, IP ou sempre que solicitado por alguma instituição/entidade, permitindo reforçar a cobertura espacial da rede e apoiar a análise de episódios localizados de poluição atmosférica.



Figura 9 – Estação Móvel de Monitorização

Autor: Madalena Arcanjo (2026).

Tabela 6 – Caracterização da Estação Móvel de Monitorização

Tipo de estação	Poluentes medidos								
	NO	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	CO	C ₆ H ₆
Móvel	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Poluente medido com regime de monitorização fixa

5. 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 e 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, IP analisar e validar as metodologias utilizadas na avaliação da qualidade do ar.

Os métodos de medição adotados seguem as normas europeias de referência definidas pelo Comité Europeu de Normalização (CEN), nomeadamente: EN 14211 para óxidos de azoto (NO_x), EN 14212 para dióxido de enxofre (SO₂), EN 14625 para ozono (O₃), EN 14626 para monóxido de carbono (CO), EN 12341 para material particulado (PM₁₀ e PM_{2,5}) e EN 14662 para benzeno (C₆H₆), garantindo a comparabilidade dos dados a nível europeu.

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, IP, dependendo dos poluentes a analisar;

-
- **Registo contínuo de dados**, com médias calculadas nos intervalos regulamentares (horários, diários);
 - **Dados brutos**, são os valores registados diretamente pelos analisadores automáticos, sem qualquer tipo de validação ou correção, podendo incluir valores influenciados por interferências instrumentais, calibrações, operações de manutenção, entre outras;
 - **Dados validados**, resultam da aplicação de procedimentos de verificação e controlo de qualidade, incluindo a deteção de anomalias, eliminação de valores inválidos, correção de desvios instrumentais e validação técnica por parte da CCDR Alentejo, IP, entidade gestora da rede;
 - **Dados reportados**, são os dados finais utilizados para efeitos de avaliação da qualidade do ar, verificação da conformidade legal e reporte às entidades nacionais e europeias, assegurando o cumprimento dos critérios de qualidade definidos na legislação aplicável;
 - **Calibração regular dos analisadores**, complementada por calibrações manuais periódicas realizadas por técnicos, de acordo com um plano regular de manutenção preventiva e corretiva, nos termos indicados pelo QA/QC (Quality Assurance/Quality Control) essencial para garantir o adequado funcionamento dos equipamentos e a qualidade das medições efetuadas;
 - **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 garantia e controlo da qualidade dos dados (QA/QC) seguem os princípios estabelecidos na Diretiva 2008/50/CE, no Decreto-Lei n.º 102/2010 e nas normas europeias aplicáveis, assegurando a representatividade, comparabilidade e consistência temporal dos dados. A componente de garantia da qualidade (QA) inclui o planeamento da rede, a calibração periódica dos equipamentos e a manutenção preventiva, enquanto o controlo da qualidade (QC) integra os procedimentos de validação automática e validação técnica dos dados, bem como a verificação da coerência temporal e a deteção de anomalias.

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 (C₆H₆), para o qual a legislação estabelece uma taxa mínima de 35 %, atendendo à sua metodologia específica de monitorização.

Para além da taxa mínima de eficiência de recolha de dados, a avaliação da qualidade do ar considera os objetivos de qualidade dos dados definidos na legislação europeia e nacional, designadamente no que respeita à incerteza das medições, à representatividade espacial e temporal das estações de monitorização e à continuidade das medições, garantindo a fiabilidade e comparabilidade dos resultados obtidos.

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.

Quando dos reportes serão apresentados 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 permitirá assegurar a disponibilização integral da informação, salvaguardando simultaneamente o rigor técnico, a transparência 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.

A aplicação destes procedimentos assegura a comparabilidade e consistência dos dados produzidos pela RMQAA com as restantes redes de monitorização a nível nacional (disponíveis para consulta no QualAr) e europeu, garantindo a sua utilização para efeitos de reporte oficial e avaliação integrada da qualidade do ar.

6. Poluentes

6.1. Óxidos de Azoto (NO₂ e NO_x)

Descrição e origem do poluente

Os óxidos de azoto (NO_x) correspondem ao conjunto de compostos formados por azoto e oxigénio, sendo, no âmbito da qualidade do ar ambiente, constituídos essencialmente pelo monóxido de azoto (NO) e pelo dióxido de azoto (NO₂). Do ponto de vista regulamentar, o dióxido de azoto (NO₂) é o poluente com valores-limite definidos para a proteção da saúde humana, enquanto os óxidos de azoto (NO_x), no seu conjunto, são utilizados na avaliação dos efeitos na vegetação.

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.

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.

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 6 e Tabela 7, respetivamente:

Tabela 7 – 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)		
	Valor-guia anual da OMS	2021	10 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias
	Valor-guia de 24h da OMS		25 µg/m ³	24 horas	99º percentil (ou seja, 3-4 dias excedendo a meta por ano)

Fonte: Elaboração própria com base na legislação europeia e nacional aplicável

Tabela 8 – 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 (Nox)	Nível crítico para proteção da vegetação	16 de abril de 2002	30 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias horárias
	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

A figura seguinte ilustra o equipamento automático utilizado para a monitorização de óxidos de azoto nas estações da RMQAA, operando de acordo com os métodos de referência estabelecidos por normas nacionais e internacionais.



Identificação do equipamento

Tipo de equipamento: Analisador automático de óxidos de azoto

Marca e modelo: HORIBA, monitor APNA - 370

Princípio geral: medição contínua baseada no método de quimiluminescência, onde o monóxido de azoto (NO) reage com ozono (O₃), emitindo radiação luminosa proporcional à concentração. O NO₂ é convertido em NO e deste resulta o valor de NO e do NOx total.

Local de instalação: todas as estações da RMQAA

Este tipo de equipamento mede normalmente:

NO (monóxido de azoto)

NO₂ (dióxido de azoto)

NOx (óxidos de azoto totais)

Unidade de medição:

µg/m³ (microgramas por metro cúbico)

Figura 10 – Analisador automático de óxidos de azoto

Autor: Madalena Arcanjo (2026)

6.2. Dióxido de Enxofre (SO₂)

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.

Efeitos na saúde e no ambiente

Na **saúde humana**, a inalação de 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.

Conformidade legal

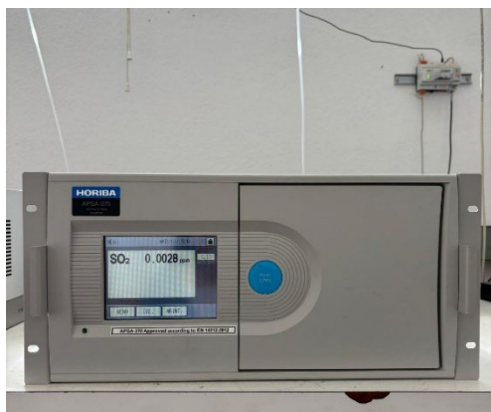
O SO₂ dispõe de valores regulamentados definidos para a proteção da saúde humana e proteção da vegetação, tal como representados na seguinte tabela 8:

Tabela 9 – 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)		
	Limiar inferior de avaliação do Nível crítico para proteção da vegetação		8 µg/m ³ (40% 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
	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)		
	Valor-guia de 24h da OMS	2021	40 µg/m ³	24 horas	99º percentil (ou seja, 3-4 dias excedendo a meta por ano)

Fonte: Elaboração própria

A figura seguinte ilustra o equipamento automático utilizado para a monitorização de dióxido de enxofre nas estações da RMQAA, operando de acordo com os métodos de referência estabelecidos por normas nacionais e internacionais.



Identificação do equipamento

Tipo de equipamento: Analisador automático de poluentes gasosos

Marca e modelo: HORIBA, monitor AP5A-370

Princípio geral: medição contínua baseada na fluorescência pulsada ultravioleta (UV). O SO₂ absorve radiação UV e emite fluorescência, sendo a intensidade proporcional à concentração presente no ar

Local de instalação: Todas as estações da RMQAA

Este tipo de equipamento mede normalmente:

SO₂ (dióxido de enxofre)

Unidade de medição:

µg/m³ (microgramas por metro cúbico)

Figura 11 – Analisador automático de SO₂

Autor: Madalena Arcanjo (2026)

6.3. Ozono (O₃)

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.

Efeitos na saúde e no ambiente

Para a **saúde humana**, 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.

Conformidade legal

O O₃ dispõe de valores regulamentados definidos para a proteção da saúde humana e proteção da vegetação, e, na Tabela 9, 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 ⁽¹⁾ , 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		
	Valor-guia alta temporada da OMS	2021	60 µg/m ³	Alta temporada	Média aritmética da concentração média diária máxima de O ₃ em 8 horas nos 6 meses consecutivos com a maior concentração média de O ₃ (média móvel de 6 meses).
Valor-guia de 8h da OMS	100 µg/m ³		8 horas	99º percentil (ou seja, 3-4 dias excedendo a meta por ano)	

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*

A figura seguinte ilustra o equipamento automático utilizado para a monitorização de ozono nas estações da RMQAA, operando de acordo com os métodos de referência estabelecidos por normas nacionais e internacionais.



Identificação do equipamento

Tipo de equipamento: Analisador automático de poluentes gasosos

Marca e modelo: HORIBA, monitor APOA - 370

Princípio geral: medição contínua baseada na absorção de radiação ultravioleta (UV). O ozono absorve luz UV a um comprimento de onda específico, sendo a atenuação proporcional à sua concentração no ar. O equipamento alterna entre a passagem de gás da amostra e gás zero na célula de medição.

A diferença de absorção entre estes dois sinais é medida e convertida na concentração de O₃, aumentando a precisão da análise.

Local de instalação: Todas as estações da RMQAA

Este tipo de equipamento mede normalmente:

O₃ (ozono)

Unidade de medição:

µg/m³ (microgramas por metro cúbico)

Figura 12 – Analisador automático de O₃

Autor: Madalena Arcanjo (2026)

6.4. Monóxido de Carbono (CO)

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.

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.

Conformidade legal

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

Tabela 11 – 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		
	Valor-guia de 24h da OMS	2021	4 mg/m ³	24 horas	99º percentil (ou seja, 3-4 dias excedendo a meta por ano).

Fonte: Elaboração própria

A avaliação da qualidade do ar, relativamente ao CO, baseia-se numa metodologia que articula a monitorização contínua com critérios de representatividade espacial e temporal. A medição deste poluente é efetuada através do método de espectroscopia de infravermelhos sem dispersão (NDIR).

No âmbito da RMQAA esta monitorização é assegurada por analisadores automáticos de elevada precisão, como o equipamento representado na figura 10, que garante a fiabilidade necessária para a comparação com os valores-limite legais.


	<p>Identificação do equipamento</p> <p>Tipo de equipamento: Analisador automático de poluentes gasosos</p> <p>Marca e modelo: HORIBA, monitor APMA-370</p> <p>Princípio geral: medição de espectroscopia de absorção no infravermelho não dispersivo (NDIR). O equipamento alterna entre a passagem de gás da amostra e gás zero na célula de medição. A diferença de absorção entre estes dois sinais é medida e convertida na concentração de CO, aumentando a precisão da análise.</p> <p>Local de instalação: Estação de Santiago do Cacém</p> <p>Este tipo de equipamento mede normalmente:</p> <p>Unidade de medição: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgramas por metro cúbico)</p>
--	---

Figura 13 – Analisador automático de CO

Autor: Madalena Arcanjo (2026)

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

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.

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 do 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.

Conformidade legal

Nas Tabelas 11 e 12, são apresentados os objetivos ambientais definidos na legislação em vigor para as PM₁₀ e PM_{2,5}, respetivamente.

Tabela 12 – 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 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias diárias
	Limiar superior de avaliação do valor limite anual	N.A.	28 µg/m ³ (70% do valor limite)		
	Limiar inferior de avaliação do valor limite anual		20 µg/m ³ (50% do valor limite)		
	Valor-limite diário para proteção da saúde humana	1 de janeiro de 2005	50 µg/m ³ (35 excedências permitidas)	Um dia	N.º de dias em excedência num ano civil e Máximo diário, calculados a partir das médias diárias num ano civil
	Limiar superior de avaliação do valor-limite diário	N.A.	35 µg/m ³ (70% do valor-limite) (35 excedências permitidas)		
	Limiar inferior de avaliação do valor-limite diário		25 µg/m ³ (50% do valor-limite) (35 excedências permitidas)		
	Valor-guia anual da OMS	2021	15 µg/m ³	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias diárias
	Valor-guia de 24h da OMS		45 µg/m ³	24 horas	99º percentil (ou seja, 3-4 dias excedendo a meta por ano)

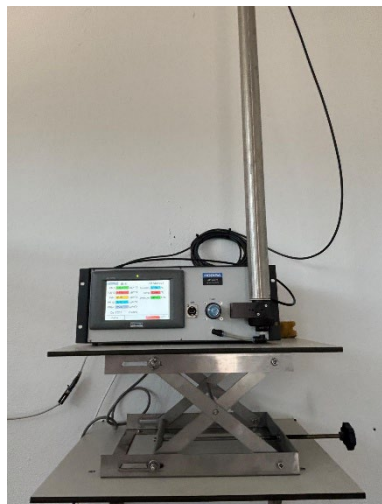
Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13 – 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)	Um ano civil	Média anual, calculada a partir das médias diárias
	Valor-guia anual da OMS	2021	5 µg/m ³		
	Valor-guia de 24h da OMS		15 µg/m ³	24 horas	99º percentil (ou seja, 3-4 dias excedendo a meta por ano).

Fonte: Elaboração própria

As figuras seguintes ilustram o equipamento automático utilizado para a monitorização de material particulado nas estações da RMQAA, operando de acordo com os métodos de referência estabelecidos por normas nacionais e internacionais.



Identificação do equipamento

Tipo de equipamento: Analisador automático de material particulado (PM)

Marca e modelo: HORIBA, APDA-372

Princípio geral: monitor contínuo com sistema de amostragem por tubo vertical. Dispersão ótica de partículas individuais

Local de instalação: estação de Monte Velho

Este tipo de equipamento mede normalmente:

PM₁₀ (partículas ≤ 10 μm)

PM₄ (partículas ≤ 4 μm)

PM_{2.5} (partículas ≤ 2.5 μm)

PM 1 (partículas ≤ 1 μm)

Unidade de medição:

μg/m³ (microgramas por metro cúbico)



Identificação do equipamento

Tipo de equipamento: Analisador automático de material particulado (PM)

Marca e modelo: VEREVA, F-701-20

Princípio geral: monitor contínuo com sistema de amostragem por tubo vertical. Radiação beta

Local de instalação: Estações de Monte Chãos, Santiago do Cacém, Sonega e Terena

Este tipo de equipamento mede normalmente:

PM₁₀ (partículas ≤ 10 μm)

PM_{2.5} (partículas ≤ 2.5 μm)

Unidade de medição:

μg/m³ (microgramas por metro cúbico)

Figura 14 – Analisadores automáticos de PM

Autor: Madalena Arcanjo (2026).

6.6. Benzeno (C₆H₆)

Descrição e origem do poluente

O benzeno (C₆H₆) 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 carcinogéneo 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.

Efeitos na saúde e no ambiente

O C₆H₆ 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 benzeno metabolizado no organismo, originando compostos intermediários 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 C₆H₆.

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 C₆H₆ 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.

Conformidade legal

O Benzeno 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 14 – 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 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 e 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)		
	Valor-guia anual da OMS	2021	1,7 µg/m ³		

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.



Identificação do equipamento

Tipo de equipamento: Analisador automático de compostos orgânicos voláteis

Marca e modelo: Synspec, Syntech Spectras Analyser GC955

Princípio geral: Cromatografia gasosa (GC) por fotoionização com deteção específica.

Local de instalação: estação de Monte Chãos

Este tipo de equipamento mede normalmente: C₆H₆ (benzeno)

Unidade de medição: µg/m³ (microgramas por metro cúbico)

Figura 15 – Analisador automático de C₆H₆

Autor: Rosa Onofre (2026)

Referências Bibliográficas

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2024). Qualidade do ar. <https://apambiente.pt/ar-e-ruido/qualidade-do-ar>

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2024). Relatório do Estado do Ambiente — Precipitação e temperatura. <https://rea.apambiente.pt/content/precipitacao-e-temperatura>

CCDR Algarve, I.P. (2015). Rede de monitorização da qualidade do ar do Algarve. <https://www.ccdr-alg.pt/site/monitorizacao-da-qualidade-do-ar>

CCDR Lisboa e Vale do Tejo, I.P. (2024). Avaliação da qualidade do ar ambiente na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2023. https://www.ccdr-lvt.pt/wp-content/uploads/2024/12/Relatorio_Avaliacao-Qualidade-do-Ar-2023-final.pdf

CCDR Lisboa e Vale do Tejo, I.P. (2025). Avaliação da qualidade do ar ambiente na Região de Lisboa e Vale do Tejo em 2024. https://www.ccdr-lvt.pt/wp-content/uploads/2025/10/Relatorio_Qualidade_Ar_CCDR-LVT_2024_1.pdf

CCDR Norte, I.P. & FCT NOVA. (2021). Avaliação da representatividade das estações de monitorização da qualidade do ar da Região Norte (Relatório de abril de 2021). https://www.ccdr-n.pt/storage/app/media/uploaded-files/REL2_CCDRN_FCTNOVA_Representatividade%20EQA.pdf

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 . <https://library.wmo.int/records/item/37423-report-on-the-activities-of-the-working-group-on-climate-change-detection-and-related-rapporteurs?offset=5227>

União Europeia. (1996). Diretiva 96/62/CE do Conselho, de 27 de setembro de 1996, relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 296, 55–63. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:31996L0062>

União Europeia. (2004). Diretiva 2004/107/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de dezembro de 2004, relativa ao arsénio, cádmio, mercúrio, níquel e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente. Jornal Oficial da União Europeia, L 23, 3–16. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32004L0107>

União Europeia. (2008). Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio de 2008, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. Jornal Oficial da União Europeia, L 152, 1–44. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32008L0050>

União Europeia. (2024). Diretiva (UE) 2024/2881 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2024, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa (reformulação). Jornal Oficial da União Europeia. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32024L2881>

Portugal. Decreto-Lei n.º 276/99, de 23 de julho. Diário da República: I Série-A, n.º 170. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/276-1999-430241>

Portugal. Decreto-Lei n.º 320/2003, de 20 de dezembro. Diário da República: I Série-A, n.º 293. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/320-2003-432672>

Portugal. Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro. Diário da República: 1.ª série, n.º 186.
<https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/102-2010-340464>

Portugal. Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio. Diário da República: 1.ª série, n.º 90.
<https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/47-2017-107051962>

Portugal. Decreto-Lei n.º 39/2018, de 11 de junho. Diário da República: 1.ª série, n.º 111.
<https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/39-2018-115776235>

Portugal. Decreto-Lei n.º 24/2023, de 28 de março. Diário da República: 1.ª série.
<https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/24-2023-210785830>