

RELATÓRIO DE QUALIDADE DO AR AMBIENTE

Impacto dos cruzeiros na Qualidade do Ar do Molhe Sul da Pontinha

Região Autónoma da Madeira



draac@madeira.gov.pt

Ficha Técnica

Título do Documento: Impacto dos cruzeiros na Qualidade do Ar do Molhe Sul da Pontinha

Elaboração: Valter Miranda - Engenheiro do Ambiente

Entidade Competente:

Direção Regional do Ambiente e Ação Climática

Morada: Rua Dr. Pestana Júnior, n.º 6 – 3.º Dt.º, 9054 – 558 Funchal,

Telefone: 351 291 207350, [Fax] 351 291 229438,

Sítio: <https://www.madeira.gov.pt/draac>,

Endereço eletrónico: draac@madeira.gov.pt

Elaboração: março de 2024

Índice geral

1 - Introdução.....	4
2 - Poluição Atmosférica.....	6
3 – Metodologia	7
4 - Análise de resultados	8
4.1 - Monóxido de Carbono (CO)	8
4.2 - Dióxido de azoto (NO ₂)	9
4.3 – Partículas em suspensão (PM ₁₀).....	12
4.4 – Ozono (O ₃)	15
4.5 – Dióxido de Enxofre (SO ₂)	17
5 – Análise meteorológica	21
5.1 – Velocidade do vento.....	21
5.2 - Direção do vento.....	22
5.3 – Radiação solar	22
5.4 - Humidade relativa	23
5.5 - Temperatura	24
5.6 – Pressão atmosférica	24
6 – Conclusão	25
7 – Bibliografia.....	25
Anexos:	26

Índice de Quadros:

Quadro 1 - Monóxido de Carbono (CO)	8
Quadro 2 – Dióxido de azoto (NO ₂)	9
Quadro 3 - PM ₁₀ : proteção da saúde humana.....	12
Quadro 4 - Ozono (O ₃).....	15
Quadro 5 - Dióxido de enxofre (SO ₂)	17
Quadro 6 - Dióxido de enxofre (SO ₂)	20

Índice de figuras:

Figura 1 – Local onde foram efetuadas as campanhas.....	7
Figura 2 – Máximo diário de CO e respetivo limite diário das médias octo-horárias.....	8
Figura 3 - Máximo diário de CO e número de navios no porto.	9
Figura 4 - Máximo diário de NO ₂ e respetivo limite horário.	10
Figura 5 - Máximo diário de NO ₂ e número de navios no porto.	11
Figura 6 - Média de NO ₂ nas campanhas e respetivo limite anual.	11
Figura 7 - Médias diárias de PM ₁₀ e respetivo limite, diário.....	12
Figura 8 - Médias diárias de PM ₁₀ e número de navios no porto.....	13
Figura 9 - Média de PM ₁₀ nas campanhas e respetivo limite anual.	14
Figura 10 – Concentrações máximas diárias de O ₃ e respetivo valor limite máximo diário das médias octo-horárias.	16
Figura 11 - Médias diárias de O ₃ e número de navios no porto.....	16
Figura 12 – Concentrações máximas diárias de SO ₂ e respetivo limite horário.....	17
Figura 13 - Concentrações médias diárias de SO ₂ e respetivo limite diário.....	18
Figura 14 - Médias diárias de SO ₂ e número de navios no porto.	19
Figura 15 - Média de SO ₂ nas campanhas e respetivo Nível Critico (anual).....	20
Figura 16 – Velocidade média diária do vento.	21
Figura 17 - Predominância do vento.	22
Figura 18 – Radiação solar.	23
Figura 19 – Humidade relativa.	23
Figura 16 Temperatura.	24
Figura 16 Pressão atmosférica.	25

1 - Introdução

O presente documento pretende avaliar, os dados obtidos em duas campanhas de monitorização de qualidade do ar ambiente realizadas no Molhe Sul do Porto do Funchal (exatamente na mesma localização), com os limites estabelecidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015 de 27 de março, e pelo Decreto-Lei n.º 47/2017 de 10 de maio que fixou os objetivos para a qualidade do ar ambiente tendo em conta as normas, as orientações e os programas da Organização Mundial da Saúde, destinados a evitar, prevenir ou reduzir as emissões de poluentes atmosféricos. As referidas campanhas decorreram entre 3 de novembro de 2020 e 21 de janeiro de 2021 e entre 3 de novembro de 2023 e 15 de janeiro de 2024.

O Molhe da Pontinha ou Molhe Sul do Porto do Funchal é gerido pela Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira, S.A. (APRAM), que amavelmente recebeu a estação móvel de qualidade do ar para se poderem recolher os dados utilizados neste relatório em épocas distintas, uma em período sem cruzeiros e outra em plena atividade destes.

De acordo com o site da APRAM (<http://www.apram.pt/site/files/estatisticas1/204.pdf>) em 2019 foram contabilizadas 291 escalas de navios de cruzeiro no Porto do Funchal, em 2020 foram 69, em 2021, 113 em 2022, 302 e em 2023, 231 escalas de navios. Atendendo à situação de pandemia COVID-19, em 2020, apenas 69 cruzeiros fizeram escala no Funchal tendo acontecido uma em outubro e as restantes 68 em janeiro, fevereiro e março, antes do período de confinamento resultante da pandemia. Surgiu assim uma oportunidade de se monitorizar o Porto do Funchal numa situação atípica, sem movimento de cruzeiros. Os dados obtidos na campanha realizada entre 3 de novembro de 2020 e 21 de janeiro de 2021, período no qual apenas um navio de cruzeiro fez escala neste porto (escala técnica, sem passageiros), mais concretamente a 18 de novembro de 2020, foram utilizados para se efetuar uma comparação com os dados resultantes da campanha efetuada entre 3 de novembro de 2023 e 15 de janeiro de 2024, período no qual no Porto do Funchal fizeram escala 96 de navios de cruzeiro (dados gentilmente fornecidos pela APRAM), podendo-se desta forma, calcular se há impacto da referida atividade nas concentrações de poluentes atmosférico no porto e se há algum efeito na qualidade do ar ambiente do Porto do Funchal.

A estação recolheu os dados da monitorização em contínuo dos poluentes atmosféricos:

- Óxidos de azoto (NO₂);
- Monóxido de carbono (CO);
- Partículas atmosféricas (PM₁₀);
- Ozono (O₃);
- Dióxido de Enxofre (SO₂);

Foram também utilizados os dados da monitorização em contínuo dos seguintes parâmetros meteorológicos:

- Velocidade do vento
- Direção do vento
- Radiação solar
- Temperatura
- Humidade relativa
- Pressão atmosférica

A cada poluente medido, foi efetuado um tratamento estatístico, tendo em vista a análise comparativa com os valores limite estabelecidos na legislação nacional em matéria de qualidade do ar ambiente, Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua atual redação (DL).

O DL transpõe para a ordem jurídica interna as seguintes diretivas:

- a) A Diretiva n.º 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;
- b) A Diretiva n.º 2004/107/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de dezembro, relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente.

2 - Poluição Atmosférica

As grandes concentrações humanas que hoje existem na face da Terra podem ser, em muitos aspetos, comparadas com organismos vivos. Dependem de energia para se manter, metabolizam esta energia para o seu funcionamento e produzem resíduos como consequência dos seus processos vitais. Resíduos sólidos, líquidos e gasosos são produzidos por qualquer um de nós, através dos processos necessários para manutenção de nossas vidas [1].

A poluição atmosférica é gerada por atividades industriais, processos de geração de energia, veículos automóveis, queimadas, entre outras, ações antrópicas. Ela pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde humana, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora, ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade. A qualidade do ar é resultado da interação de um conjunto de fatores, entre os quais estão presentes: a concentração das emissões para a atmosfera, a topografia e as condições meteorológicas do local, que poderão ser, favoráveis ou não, à dispersão dos poluentes [2].

As emissões causadas por motores de combustão (como os dos navios de cruzeiro) carregam uma grande variedade de substâncias tóxicas, as quais quando em contato com o sistema respiratório, podem ter os mais diversos efeitos negativos sobre a saúde. Essas emissões, devido ao processo de combustão e queima incompleta do combustível, são compostas de gases como: Óxidos de carbono (CO e CO₂), Óxidos de azoto (NO_x), Hidrocarbonetos (HC), de entre os quais estão alguns considerados cancerígenos, Óxidos de enxofre (SO_x), Partículas inaláveis (MP₁₀), entre outras substâncias [3].

3 – Metodologia

Foram confrontados os dados obtidos nas campanhas com os limites dispostos no DL.

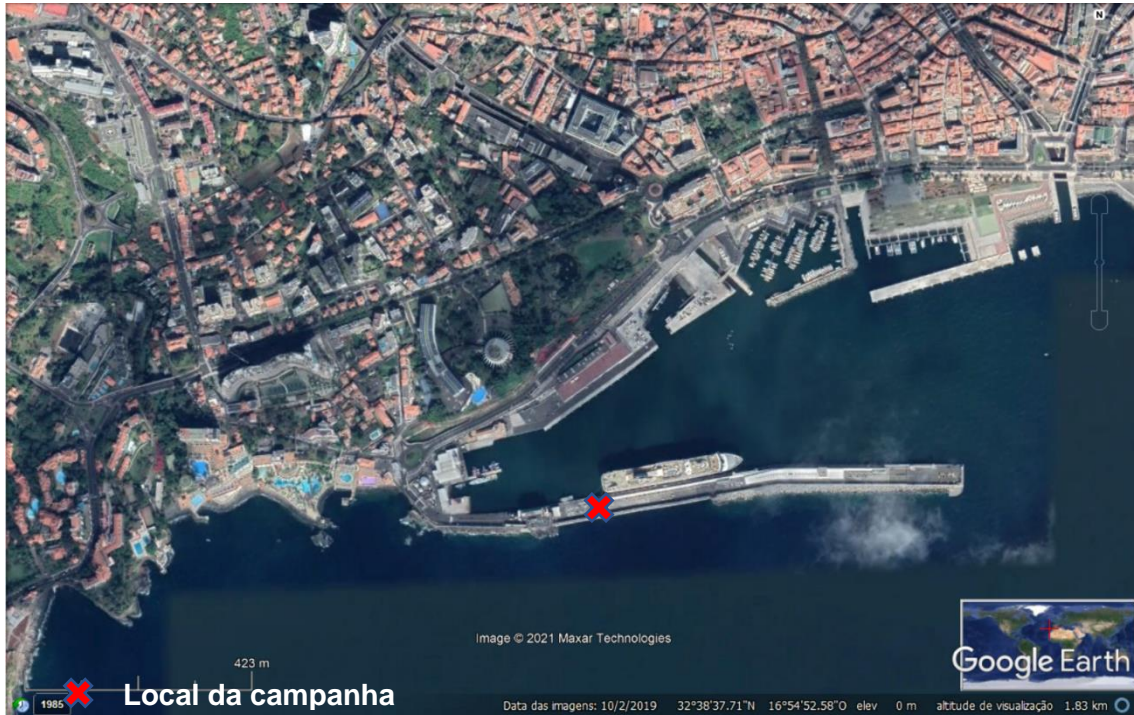


Figura 1 – Local onde foram efetuadas as campanhas.

4 - Análise de resultados

Para a análise dos resultados foram utilizados os limites definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua atual redação, (transpostos em quadros) que foram comparados com as concertações obtidas na campanha.

4.1 - Monóxido de Carbono (CO)

Quadro 1 - Monóxido de Carbono (CO)

CO - Proteção da saúde humana	
Período de referência	Valor limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Máximo diário das médias de oito horas (*)	10 000

Nota: (*) O valor máximo diário das médias octo-horárias é selecionado com base nas médias obtidas por períodos de oito horas consecutivas, calculadas a partir dos dados horários e atualizadas de hora a hora. Cada média por período de oito horas calculada é atribuída ao dia em que termina; desta forma, o primeiro período de cálculo de um dia tem início às 17 horas do dia anterior e termina à 1 hora do dia em causa; o último período de cálculo de um dia tem início às 16 horas e termina às 24 horas do mesmo dia.

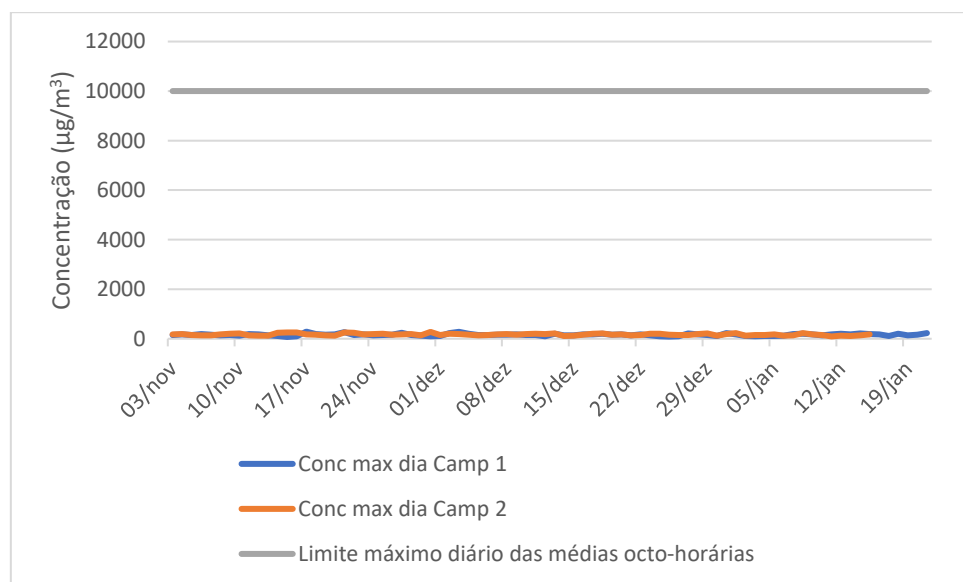


Figura 2 – Máximo diário de CO e respetivo limite diário das médias octo-horárias.

A análise do quadro e da figura supra, permite verificar o cumprimento do valor limite diário definido para o poluente CO em ambas campanhas. Na campanha 1 o valor máximo diário registou-se no dia 16 de novembro, ($287 \mu\text{g}/\text{m}^3$) enquanto que o valor mais baixo registado ($71 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ocorreu no dia 15 de novembro. Na campanha 2 o valor

máximo diário registou-se no dia 30 de novembro, ($277 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e o valor mais baixo registado ($94 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sucedeu no dia 11 de janeiro. Verifica-se também que as concentrações máximas diárias registadas são muito inferiores ao limite diário das médias octo-horárias. A concentração média de CO na primeira campanha foi de $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enquanto que na segunda foi de $173 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

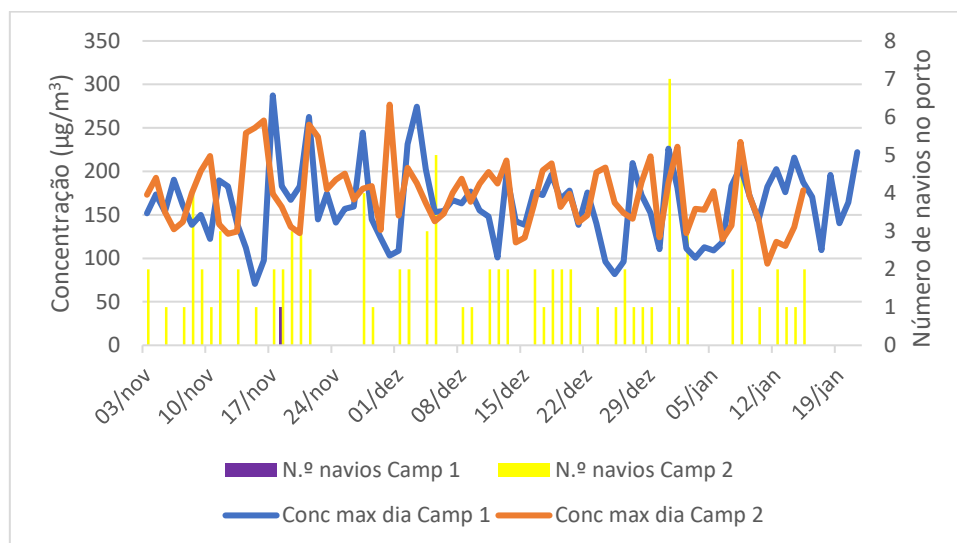


Figura 3 - Máximo diário de CO e número de navios no porto.

A análise da figura supra não nos permite traçar nenhuma correlação entre a presença de navios no porto e um aumento da concentração de CO, no único dia em que atracou um navio na primeira campanha, 18 de novembro a concentração de CO foi de $183 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o que não corresponde ao dia com a concentração mais elevada registada, justamente o dia anterior. O valor mais elevado registado na segunda monitorização ocorreu a 30 de novembro, dia em que não haviam navios no porto.

4.2 - Dióxido de azoto (NO_2)

Quadro 2 – Dióxido de azoto (NO_2)

NO ₂ - Proteção da saúde humana	
Período de referência	Valor limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Uma hora	200 (*)
Ano Civil	40

Nota: (*) a não exceder mais de 18 vezes por ano civil.

No decorrer da primeira campanha ocorreu uma avaria no analisador de NO_2 , entre 10 de dezembro e 14 de janeiro. Nesse período não foi possível obter concentrações desse poluente atmosférico.

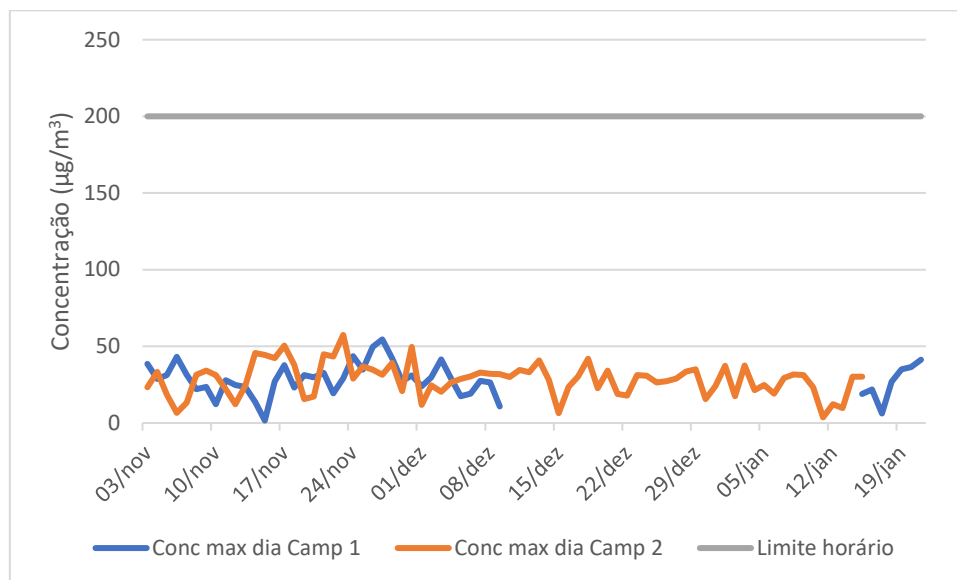


Figura 4 - Máximo diário de NO_2 e respetivo limite horário.

Da apreciação da Figura 4 pode-se depreender que não ocorreram quaisquer ultrapassagens ao limite horário de NO_2 em ambas campanhas. Na primeira campanha a concentração mais elevada registou-se a 27 de novembro ($55 \mu\text{g}/\text{m}^3$) enquanto que na segunda foi a 23 de novembro ($57 \mu\text{g}/\text{m}^3$). O Valor máximo diário mais baixo registado na primeira campanha foi de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a 15 de novembro e o na segunda campanha foi de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 11 de janeiro.

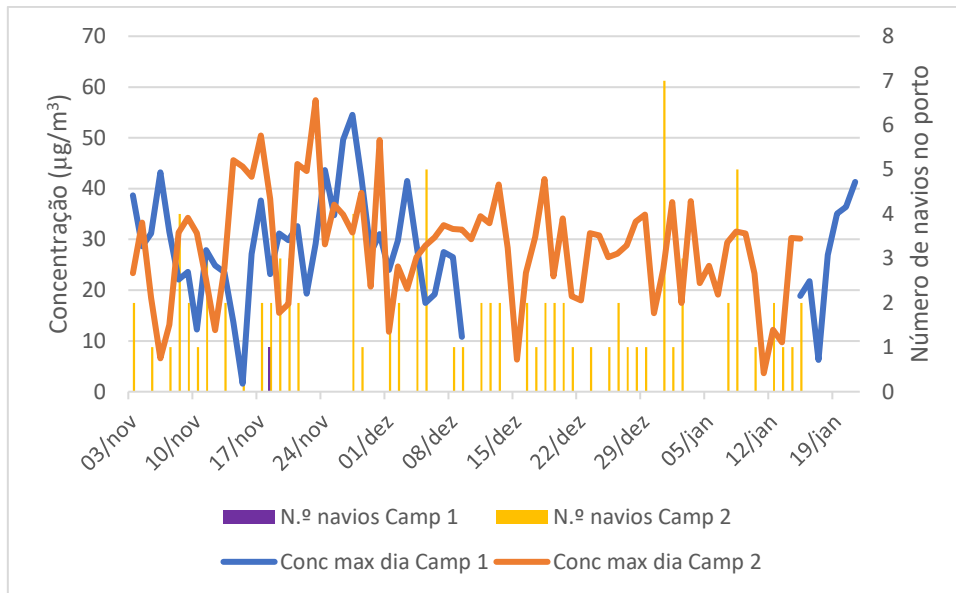


Figura 5 - Máximo diário de NO₂ e número de navios no porto.

Examinada a Figura 5 não se consegue encontrar nenhuma indicação que a presença de navios no porto surta no aumento da concentração de NO₂. No dia em que aportou um navio na primeira campanha, 18 de novembro a concentração máxima diária de NO₂ foi de 23 µg/m³ o que não corresponde ao dia com a concentração mais elevada registada. Como já referido anteriormente, o valor mais elevado registado na segunda monitorização ocorreu a 23 de novembro, curiosamente um dia sem cruzeiros no porto.

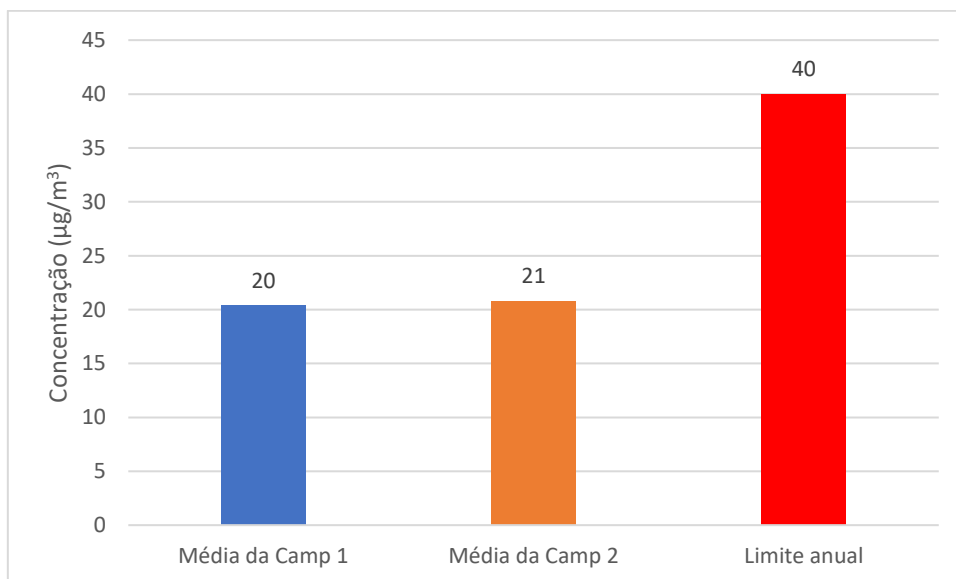


Figura 6 - Média de NO₂ nas campanhas e respetivo limite anual.

Analisada a Figura 6 verifica-se que as concentrações médias de ambas campanhas são próximas e que se encontram abaixo de limite anual ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.3 – Partículas em suspensão (PM_{10})

Quadro 3 - PM_{10} : proteção da saúde humana

PM ₁₀ - Proteção da saúde humana	
Período de referência	Valor limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1 dia	50 (*)
Ano civil	40

Nota: (*) a não exceder mais de 35 vezes por ano civil.

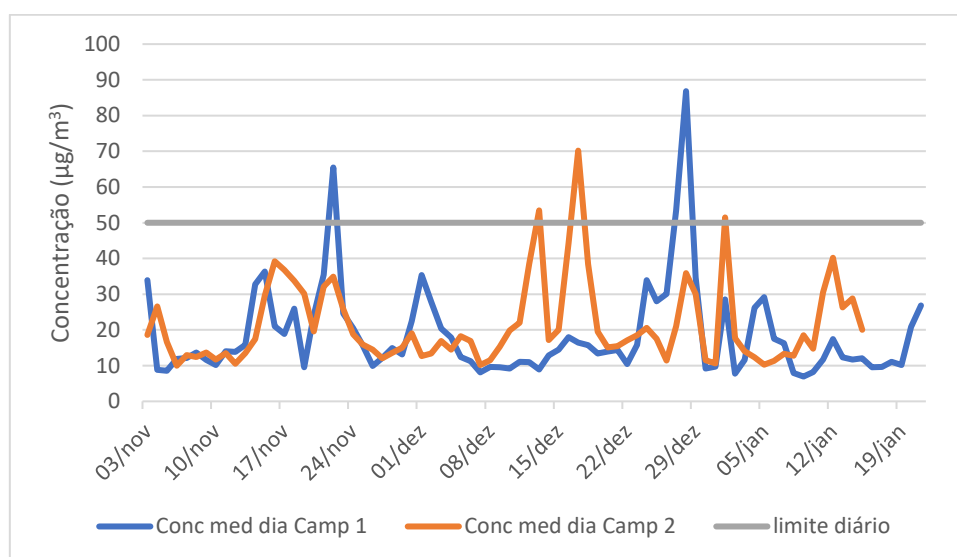


Figura 7 - Médias diárias de PM_{10} e respetivo limite, diário.

Na Figura 7 podemos detetar cinco ultrapassagens ao limite diário ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM_{10} . Três das referidas ultrapassagens ocorreram na primeira campanha, nos dias: 22 de novembro de 2020 e 27 e 28 de dezembro de 2020, as restantes ultrapassagens sucederam a 17 de dezembro de 2023 e 1 de janeiro de 2024, na segunda campanha. O valor médio diário mais elevado registado na campanha 1 foi de $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (28 de dezembro de 2020), enquanto que o menos elevado ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) registou-se no dia 9 de janeiro. Na segunda campanha obteve-se a média diária mais elevada a 17 de dezembro de 2023 ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e a média mais baixa a 6 de novembro de 2023 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Em cada uma das campanhas foram previstos pela Agência Portuguesa do Ambiente, IP (APA), em colaboração com a Faculdade de Ciências e Tecnologia -

Universidade Nova de Lisboa, dez previsões de eventos naturais respetivamente: 18, 21, 22, 24 de novembro de 2020, 3, 24, 25, 26, 27 e 28 de dezembro de 2020; 16, 17, 21 de novembro de 2023, 12, 13, 16, 17, 27, 28 de dezembro de 2023 e 1 de janeiro de 2024. Mais se informa que das anteriormente citadas ultrapassagens, apenas uma constitui ultrapassagem do limite médio diário do poluente Partículas atmosféricas, a do dia 28 de dezembro, por não ter sido efetuada qualquer previsão de eventos naturais pela APA. De referir que o limite diário de PM₁₀ pode ser excedido 35 vezes por ano civil. As restantes ultrapassagens encontram-se justificadas pela ocorrência de fenómenos de transporte de partículas dos desertos do Norte de África (Anexo) que contribuíram para a alta concentração registada. Importa também referir que APA deveria ter prolongado a previsão de eventos naturais dos dias 24, 25, 26 e 27 de dezembro de 2020 (incremento de mais de entre 20 a 50 µg/m³ no dia 27), para o dia 28 de dezembro, atendendo a que neste dia, o vento do quadrante sudeste muito fraco (0,6m/s) não dispersou as partículas transportadas dos desertos do Norte de África nos dias anteriores. A elevada altura da muralha do Molhe Sul da Pontinha também contribuiu para uma menor dispersão das Partículas atmosféricas em específico no local da campanha tornado este local ainda mais abrigado do fator dispersivo, o vento, ocorrendo assim um incremento nas concentrações medidas pelos analisadores.

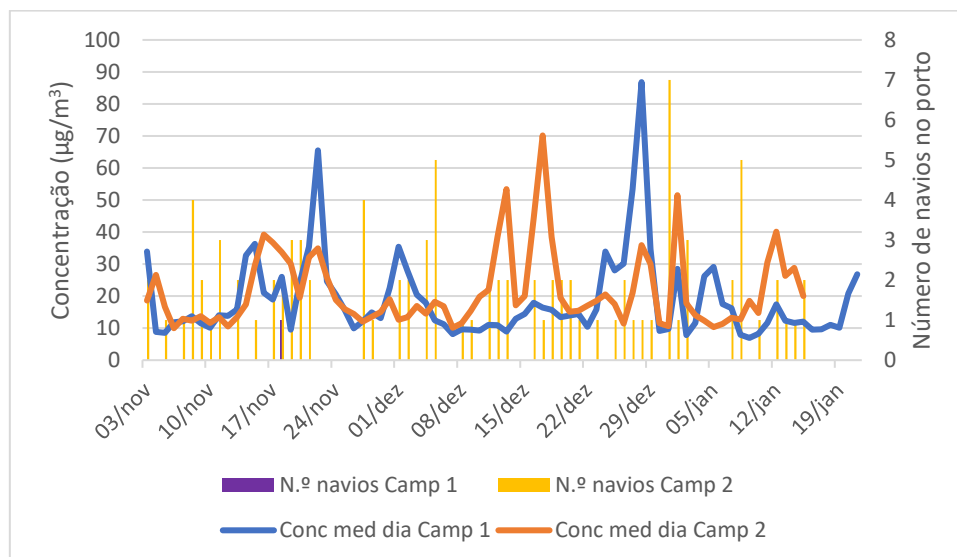


Figura 8 - Médias diárias de PM₁₀ e número de navios no porto.

A visualização da Figura 8 não permite encontrar qualquer interdependência entre o número de navios no porto e o aumento das concentrações de PM₁₀. Os dias com maiores concentrações estão associados a fenómenos de transporte de partículas do

Norte de África. Na primeira campanha, no dia 18 de novembro de 2020, o único dia em que houve uma atracagem no Porto do Funchal, ocorreram fenómenos de transporte de partículas atmosféricas, pelo que nada se pode concluir a respeito das alterações da concentração na atmosfera de PM_{10} , na presença de navios no porto. No que se refere à segunda campanha e analisados os dados de dias em que não correram previsões de eventos naturais, o dia 31 de dezembro de 2023, dia em que sete cruzeiros atracaram no Funchal (numero de escalas mais elevado na campanha) a concentração média diária foi de $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, apenas $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ acima do valor mais baixo registado em toda a campanha.

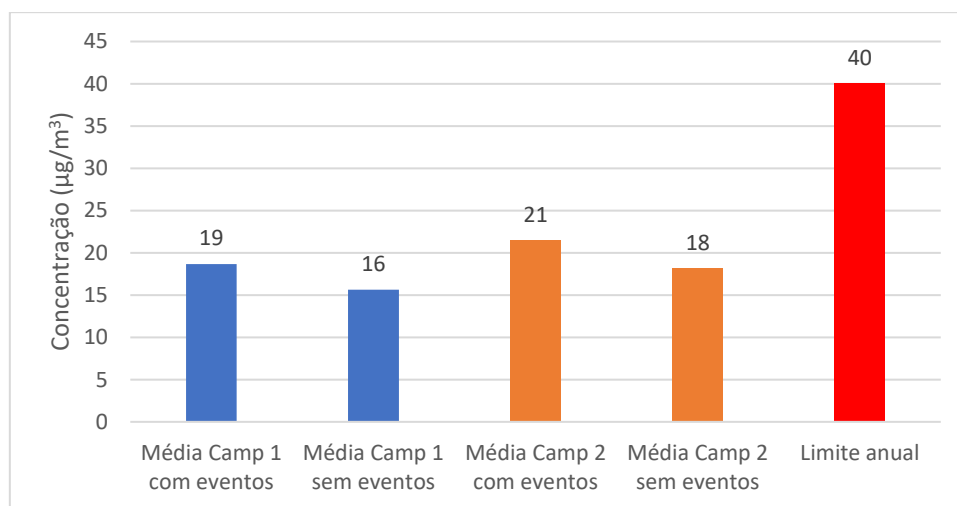


Figura 9 - Média de PM_{10} nas campanhas e respetivo limite anual.

De acordo com a Figura 9, a concentração média de PM_{10} na primeira campanha incluindo os dias de eventos naturais de transporte de partículas do Norte de África, é de $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sem os dias de eventos a média da campanha é de $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na segunda campanha abrangendo os dias de eventos a média é de $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e sem estes dias a média da campanha é de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Todas estas médias se encontram abaixo do limite anual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.4 – Ozono (O₃)

O quadro infra indica os limites e limiares de avaliação para o poluente O₃ tendo em vista a proteção da saúde humana, da vegetação e dos ecossistemas naturais.

Quadro 4 - Ozono (O₃)

Período de referência	O ₃ - Proteção da saúde humana			
	Valor Alvo (µg/m ³)	Obj. Longo prazo (**) (µg/m ³)	Limiar de informação (µg/m ³)	Limiar de alerta (µg/m ³)
Valor máximo diário das médias octo-horárias (*)	120 (i)	120		
Uma hora			180	240 (ii)

Nota: (*) O valor máximo diário das médias octo-horárias é selecionado com base nas médias obtidas por períodos consecutivos de oito horas, calculadas a partir dos dados horários e atualizados de hora a hora. Cada média por período de oito horas calculada é atribuída ao dia em que termina; desta forma, o primeiro período de cálculo de um dia tem início às 17 horas do dia anterior e termina à 1 hora do dia em causa; o último período de cálculo de um dia tem início às 16 horas e termina às 24 horas do mesmo dia

(**) prazo não definido.

(i) a não exceder mais de 25 dias, em média, por ano civil, num período de três anos.

(ii) a excedência do limiar deve ser medida ou estimada durante três horas consecutivas.

No decurso da segunda campanha ocorreu uma avaria no analisador de O₃, entre 15 e 20 de novembro de 2023. Nesse período não foi possível obter concentrações desse poluente atmosférico.

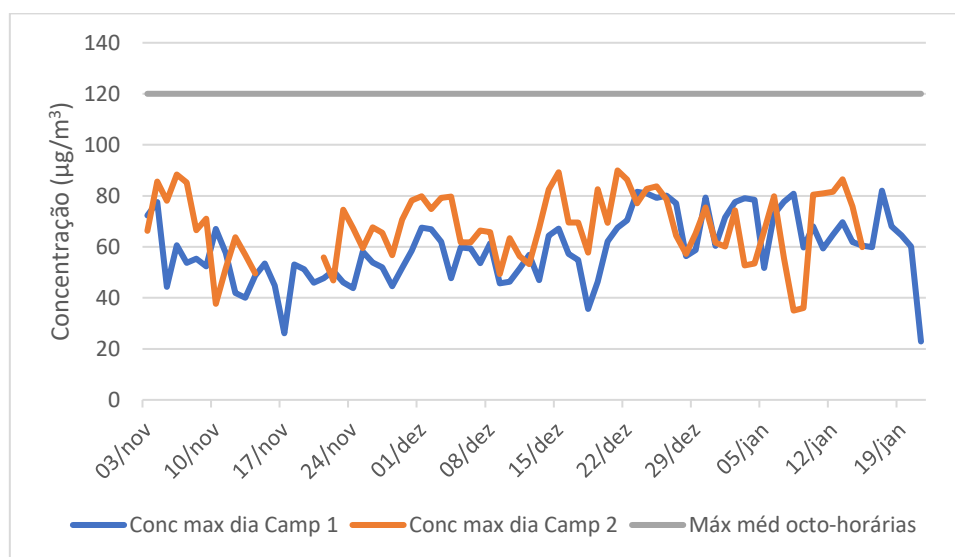


Figura 10 – Concentrações máximas diárias de O₃ e respetivo valor limite máximo diário das médias octo-horárias.

Através da apreciação da Figura 10 pode-se verificar que não ocorreu qualquer ultrapassagem do limite máximo diário das médias octo-horárias de Ozono em nenhuma das campanhas. No dia 23 de janeiro de 2020 obteve-se a concentração máxima diária mais baixa da campanha 1 com 23 µg/m³, e no dia 23 de dezembro de 2020 a concentração máxima diária mais elevada (82 µg/m³). No dia 8 de janeiro de 2024 registou-se a concentração máxima diária mais baixa da campanha 2 com 35 µg/m³, e no dia 21 de dezembro de 2023 assinalou-se a concentração máxima diária mais elevada (90 µg/m³). A concentração média de ozono no período estudado foi de 51 µg/m³ na primeira campanha e de 58 µg/m³ na segunda.

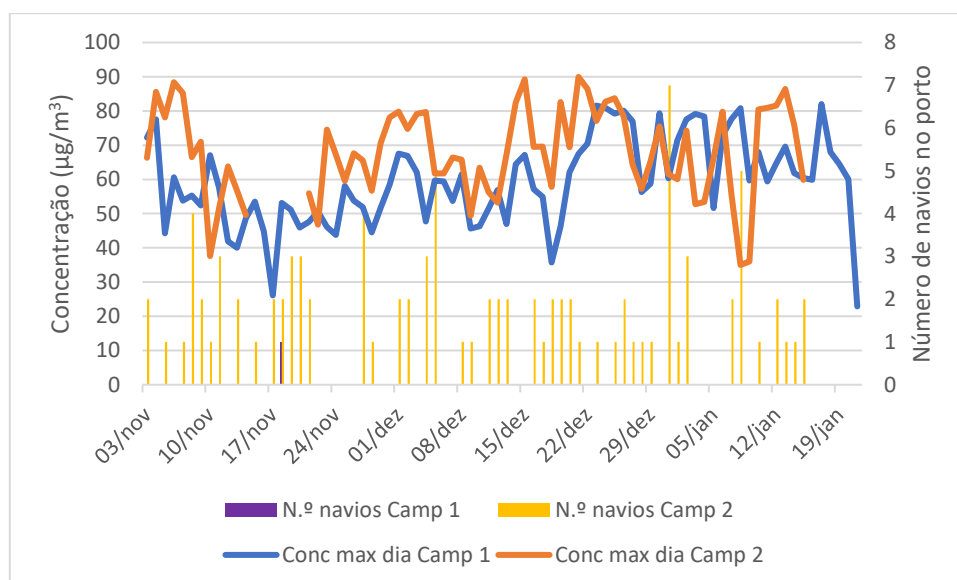


Figura 11 - Médias diárias de O₃ e número de navios no porto.

Após a apreciação da Figura 11 pode-se concluir que não existe nenhuma relação entre o aumento de navios no porto e o incremento da concentração de O₃ em nenhuma das campanhas. O dia com a concentração mais baixa (8 de janeiro de 2024) da segunda campanha, foi o segundo dia com mais navios no porto (5). Na primeira campanha o único dia em que um navio fez escala, 18 de novembro de 2020, a concentração máxima diária (53 µg/m³) foi muito próxima da concentração média dessa campanha (51 µg/m³).

4.5 – Dióxido de Enxofre (SO₂)

Os quadros seguintes indicam os limites para o poluente SO₂ tendo em vista a proteção da saúde humana e da vegetação assim como os respetivos limiares de avaliação definidos no DL.

Quadro 5 - Dióxido de enxofre (SO₂)

Período de referência	Proteção da saúde humana (SH)			
	Valor limite (µg/m ³)	Limiar de Alerta (µg/m ³)	LSA - SH (µg/m ³)	LIA - SH (µg/m ³)
Uma hora	350 (*)	500 (***)		
Um dia	125 (**)		60 % do v. limite (i)	40 % do v. limite (ii)

Nota: (*) a não exceder mais de 24 vezes por ano civil.

(**) a não exceder mais de três vezes por ano civil.

(***) a medir em três horas consecutivas.

(i) 75 µg/ m³, a não exceder mais de três vezes em cada ano civil.

(ii) 50 µg/m³, a não exceder mais de três vezes em cada ano civil.

No decurso da segunda campanha ocorreu uma avaria no analisador de SO₂, entre 3 e 5 de novembro de 2023. Nesse período não foi possível obter concentrações desse poluente atmosférico.

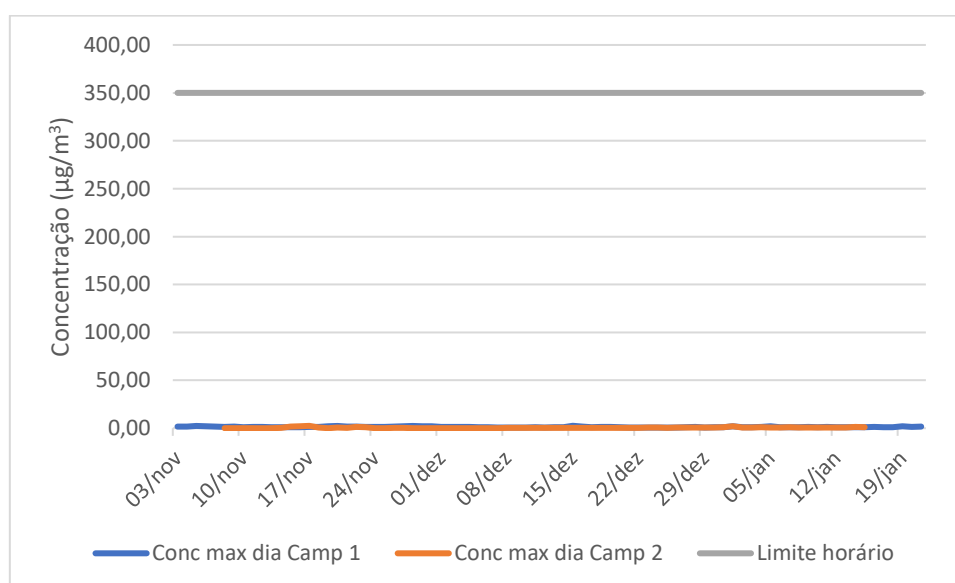


Figura 12 – Concentrações máximas diárias de SO₂ e respetivo limite horário.

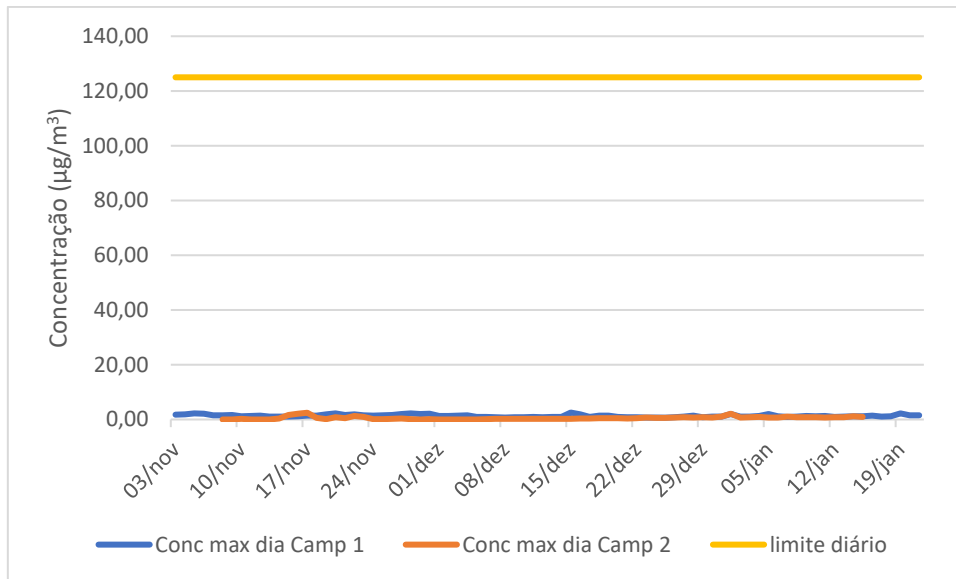


Figura 13 - Concentrações médias diárias de SO₂ e respetivo limite diário.

Após a apreciação das Figuras 12 e 13 pode-se atestar o cumprimento dos limites horário e diário para o poluente atmosférico SO₂ em ambas campanhas. No que diz respeito às concentrações mais elevadas, a concentração máxima diária registada na primeira campanha foi de 2,54 µg/m³ no dia 15 de dezembro de 2020, enquanto que na segunda foi de 2,47 µg/m³ no dia 17 de novembro de 2023. A concentração máxima diária mais baixa registada na primeira campanha obteve-se no dia 25 de dezembro de 2020 (0,67 µg/m³), na segunda campanha foi alcançada nos dias 12 e 19 de novembro de 2023 (0 µg/m³),

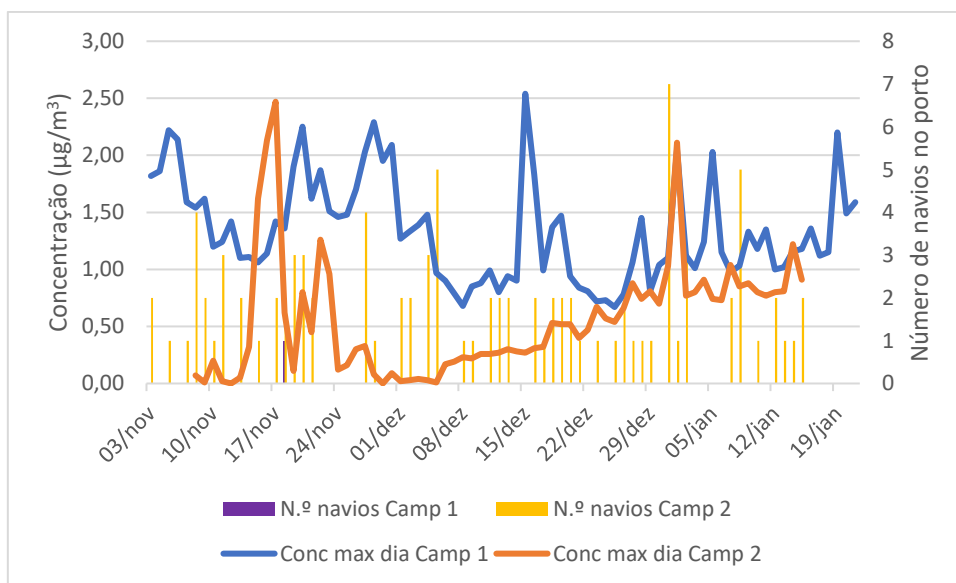


Figura 14 - Médias diárias de SO₂ e número de navios no porto.

Através da avaliação da Figura 14 pode-se verificar que no dia em se registou a concentração mais alta de SO₂ da segunda campanha (17 de novembro - 2,47 µg/m³) haviam dois navios atracados no Porto do Funchal, contudo nos dias 31 de dezembro (7 cruzeiros - 1,03 µg/m³) e 8 de janeiro (5 cruzeiros - 0,01 µg/m³) registaram-se concentrações inferiores à do dia 17 de novembro. Ainda assim, é de salientar que as concentrações registadas se encontram muitíssimo abaixo dos valores limite legalmente estipulados (350 µg/m³ / hora e 125 µg/m³/ dia) e que no caso de haver ocorrido algum tipo de aumento da concentração de SO₂ no local da campanha reflexo da presença desses dois navios de cruzeiros estacionados no porto, este aumento é muito baixo e não se traduz em aumento das concentrações para valores próximos dos limites.

Quadro 6 - Dióxido de enxofre (SO₂)

Período de referência	Proteção da vegetação		
	Nível Crítico (µg/m ³)	LSA – V (µg/m ³)	LIA – V (µg/m ³)
Ano Civil	20		
Inverno (*)	20	60 % do n. crítico (i)	40 % do n. crítico (ii)

Nota: (*) De 1 de outubro a 31 de março

(i) 60 % do nível crítico aplicável no Inverno (12 µg/m³).

(ii) 40 % do nível crítico aplicável no Inverno (8 µg/m³).

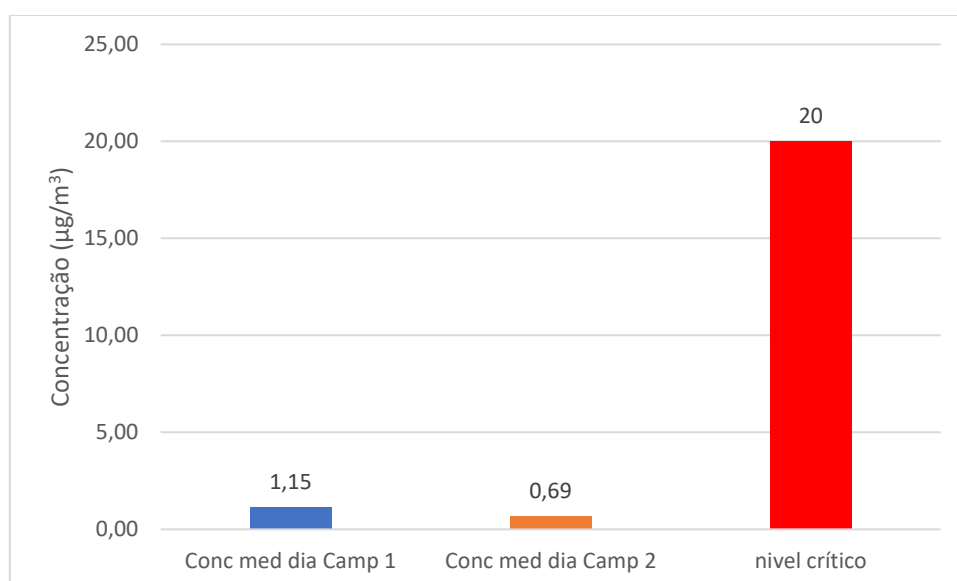


Figura 15 - Média de SO₂ nas campanhas e respetivo Nível Crítico (anual).

Mesmo tendo a presente campanha, sido efetuada numa zona com características urbanas, a análise da Figura 15 permite-nos afirmar que não aconteceram ultrapassagens de nível crítico para a proteção da vegetação. De referir que o Nível crítico de SO_2 não se aplica em zonas com a característica da zona alvo de estudo, tendo este gráfico sido feito a título de curiosidade.

5 – Análise meteorológica

As condições meteorológicas influenciam as concentrações de poluentes atmosféricos registadas nos analisadores, pelo que a análise das mesmas, permite atestar as comparações realizadas neste estudo.

O vento tem uma ação direta na dispersão dos poluentes, assim sendo, o estudo do seu comportamento (velocidade e direção) facilita a chegada a conclusões mais consistentes.

A radiação solar é absorvida pelos poluentes e promove reações na atmosfera. Por exemplo a formação de Ozono troposférico que corre na presença de Compostos orgânicos voláteis (COV) e Óxidos de azoto (NO_x).

5.1 – Velocidade do vento

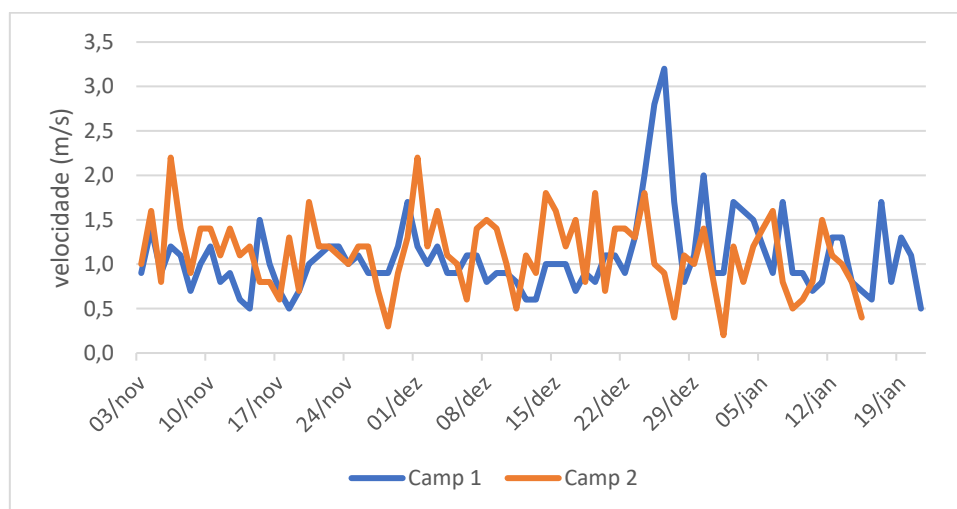


Figura 16 – Velocidade média diária do vento.

A velocidade média do vento de ambas campanhas foi de 1,1 m/s. A velocidade média diária mais baixa registada na primeira campanha foi de 0,5 m/s nos dias 14 de novembro de 2020 e 21 de janeiro de 2021, enquanto que a mais alta, foi de 6,6 m/s e registou-se no dia 16 do mesmo mês. Na segunda campanha os dias 6 de novembro de 2023 e 1 de dezembro de 2023 obtiveram a média diária mais elevada com 2,2 m/s e no dia 1 de janeiro de 2024 se alcançou a velocidade média diária mais baixa (0,2 m/s).

5.2 - Direção do vento

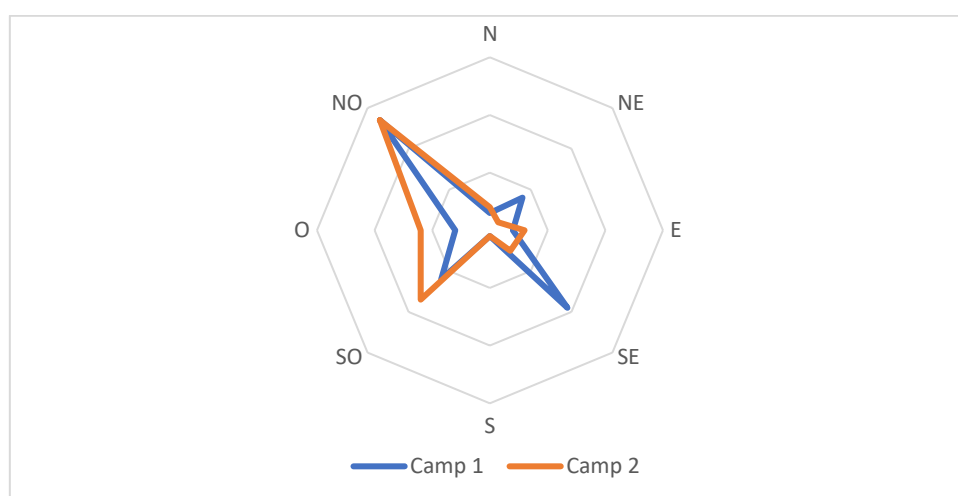


Figura 17 - Predominância do vento.

A direção média diária predominante do vento em ambas campanhas foi de noroeste com 27 dias de vento predominante deste quadrante em cada campanha.

5.3 – Radiação solar

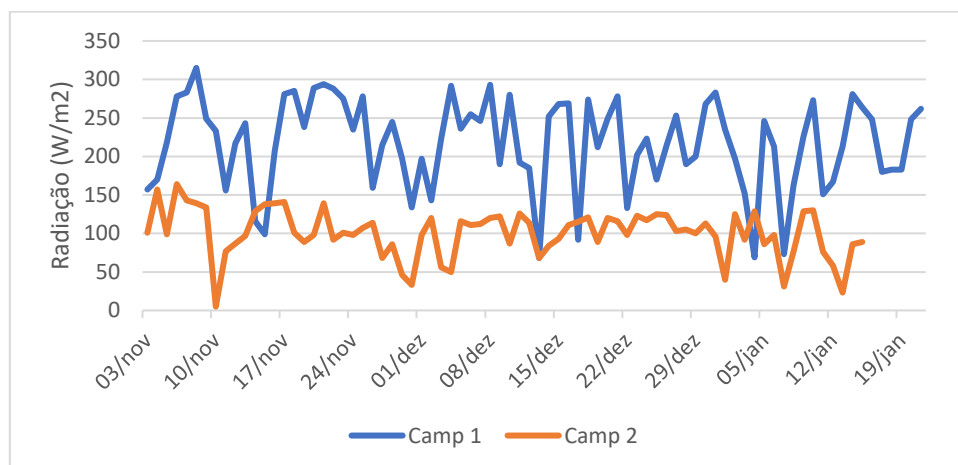


Figura 18 – Radiação solar.

A radiação solar média obtida na primeira monitorização foi de 218 W/m^2 e na segunda 101 W/m^2 . O valor médio diário mais baixo na primeira monitorização registou-se no dia 13 de dezembro de 2020 (68 W/m^2) e na segunda monitorização no dia 10 de novembro de 2023 (5 W/m^2) enquanto que o dia com o valor mais elevado da primeira campanha ocorreu no dia 8 de novembro 2020 (315 W/m^2), e o da segunda registou-se no dia 6 de novembro de 2023 (164 W/m^2).

5.4 - Humidade relativa

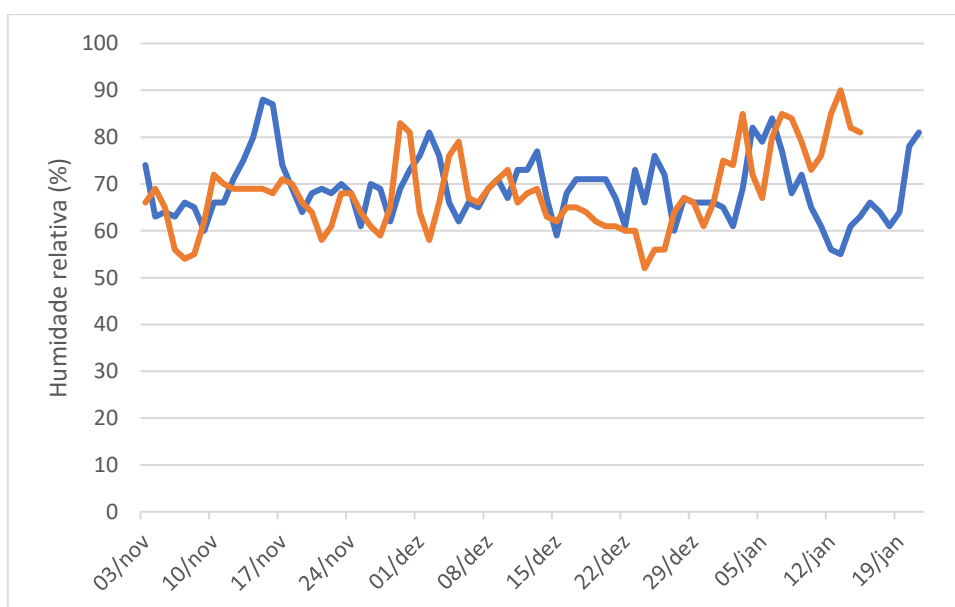


Figura 19 – Humidade relativa.

A humidade relativa média registada nos períodos amostrados foi de 69% no primeiro e de 68% no segundo. O dia mais húmido da primeira monitorização foi o dia 15 de novembro de 2020 com 84% e o mais seco, 13 de janeiro 2021 com 55%. Na segunda campanha o dia mais seco registado foi o dia 24 de dezembro de 2023 (52%) enquanto que o mais húmido foi o dia 13 de janeiro com 90% de humidade relativa.

5.5 - Temperatura

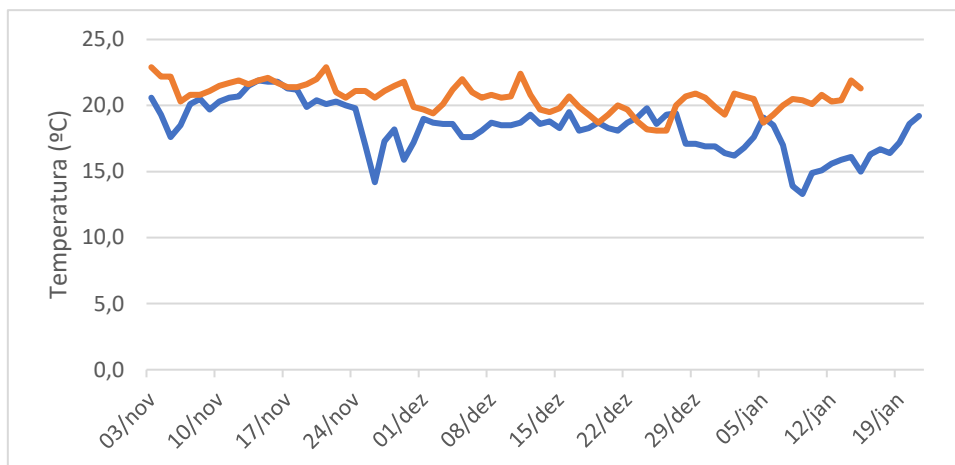


Figura 20 Temperatura.

A temperatura média da campanha 1 foi de 18,3 °C. O dia mais quente desta campanha foi 14 de novembro de 2020 (20,1 °C) e o mais frio foi o dia 9 de janeiro de 2021 (13,6 °C). A temperatura média da campanha 2 foi de 20,6 °C, tendo se registado a média diária mais elevada nos dias 3 e 21 de novembro de 2023 enquanto que os dias mais frios foram os dias 25 e 26 de dezembro de 2023 com uma temperatura média diária de 18,1 °C.

5.6 – Pressão atmosférica

Este parâmetro meteorológico só foi instalado na estação móvel de qualidade do ar em 2023, pelo que não se dispõe de dados do mesmo para a primeira monitorização.

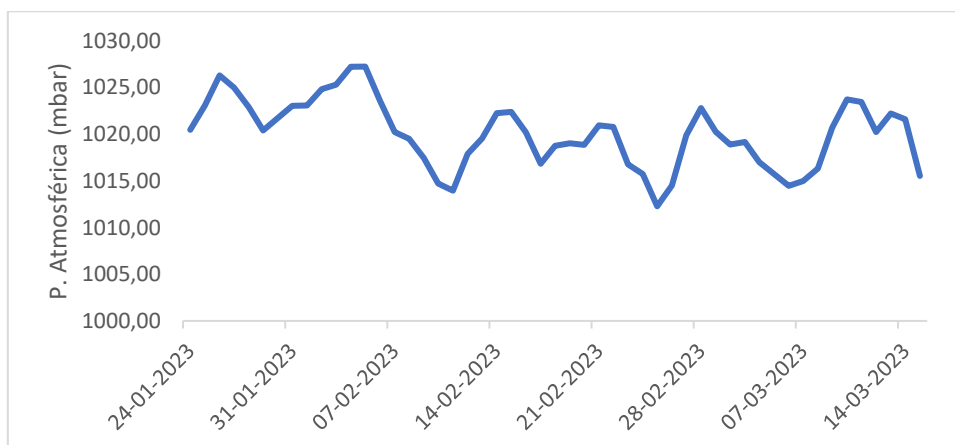


Figura 21 Pressão atmosférica.

A pressão atmosférica média do período analisado foi de 1022,2 mbar. O menor valor médio diário ocorreu no dia 30 de novembro de 2023 (1006,9 mbar) enquanto que o maior (1034,7 mbar) foi registado no dia 20 de dezembro de 2023.

6 – Conclusão

Após análise dos dados obtidos na presente campanha verificou-se, não terem ocorrido quaisquer incumprimentos legais tendo em vista a proteção da saúde humana e da vegetação estipulados no DL. Não se conseguiu encontrar qualquer tipo de correlação entre a presença de navios de cruzeiro no Porto do Funchal e um aumento dos poluentes atmosférico devido a esse facto.

7 – Bibliografia

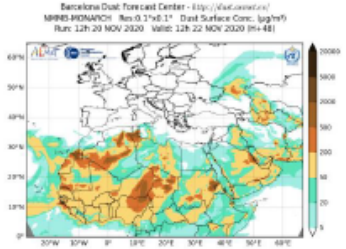
[1] BRAGA A.; PEREIRA, L.A.A.; SALDIVA, P.H.N.; Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana. Faculdade de Medicina da USP 2002

[2] MATTOS, C. E.; Poluição do ar em áreas centrais urbanas Unilago 2015.

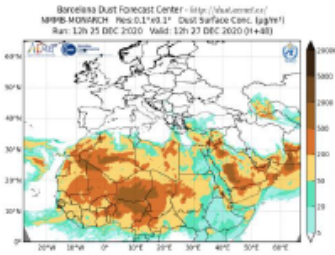
[3] TEIXEIRA, E. C; FELTES, S; SANTANA, E. R. R.; Estudo Das Emissões De Fontes Móveis Na Região Metropolitana De Porto Alegre, Rio Grande Do Sul. Química Nova 2008.

Anexos:

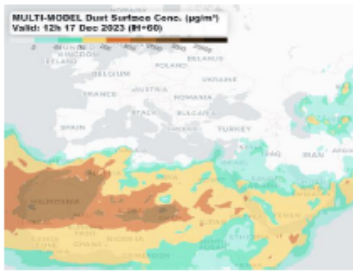


Previsão de transporte de partículas naturais com origem em regiões áridas	
Data	22/11/2020
Entidade Responsável	Agência Portuguesa do Ambiente, IP
Resumo	Prevê-se que o Arquipélago da Madeira seja influenciado por uma massa de ar com origem no Norte de África, transportando na circulação partículas e poeiras em suspensão, durante o dia 22 de novembro 2020.
Mapa de previsão	
Descrição	<p>O Arquipélago da Madeira encontram-se sob influência de uma situação sinótica que se caracteriza por um anticiclone localizado na região de França estendendo-se em crista até ao Norte de África. Esta configuração resulta numa circulação do quadrante leste, nos níveis baixos da atmosfera, favorecendo a advecção e transporte da massa de ar formada sobre os desertos do Norte de África contribuindo para o aumento de partículas e poeiras em suspensão.</p> <p>Este fenómeno natural afeta a qualidade do ar ambiente, estimando-se que possa contribuir para um aumento das concentrações de partículas em suspensão (PM₁₀) entre 20 a 50 µg·m⁻³ no Arquipélago da Madeira.</p> <p>A análise comparativa dos modelos de prognóstico de dispersão e transporte de poeiras pela circulação atmosférica indica, para o dia seguinte, que este episódio de intrusão de partículas poderá manter-se.</p> <p>A APA, IP, sugere o acompanhamento da evolução dos índices diários de qualidade do ar em http://qualar.apambiente.pt, e recomenda a consulta dos conselhos para a saúde em www.dgs.pt.</p>
Eventos naturais	<p>Transporte de partículas naturais com origem em regiões áridas:</p> <p>O transporte de longa distância de partículas com origem natural, em zonas áridas do Norte de África, como é o caso dos desertos do Sahara e Sahel pode causar elevados níveis de PM₁₀. Em Portugal e nos países Mediterrânicos estes eventos são mais frequentes nos períodos de primavera e verão. Para saber mais sobre este fenómeno clique aqui.</p>
Ficha técnica	<p>Mapas de previsão transporte de poeiras provenientes de regiões áridas (concentração de partículas à superfície às 0, 6, 12 e 18 UTC, e mapas de deposição seca e húmida, disponibilizados por NMMB/BSC-Dust model. Imagens cedidas de NMMB/BSC-Dust model, operado por Barcelona SupercomputingCenter (https://dust.aemet.es/forecast).</p> <p>Ficha de previsão elaborada por DCEA-FCT/UNL para APA, IP.</p>

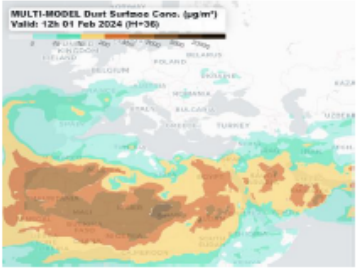


Previsão de transporte de partículas naturais com origem em regiões áridas	
Data	27/12/2020
Entidade Responsável	Agência Portuguesa do Ambiente, IP
Resumo	Prevê-se que o Arquipélago da Madeira seja influenciado por uma massa de ar com origem no Norte de África, transportando na circulação partículas e poeiras em suspensão, durante a manhã do dia 27 de dezembro 2020.
Mapa de previsão	 <p> <small>Barcelona Dust Forecast Center - http://dust.aemet.es/ NMMB-MONSHRE2H - Res: 0.17x0.17° - Dust Surface Conc. (µg/m³) Run: 12h 25 DEC 2020 - Valid: 12h 27 DEC 2020 (0+48h)</small> </p>
Descrição	<p>Durante o dia 27 de dezembro o estabelecer de uma nova situação sinóptica, que impõe uma circulação de nordeste junto à superfície no Arquipélago da Madeira, irá gradualmente desalojar a massa de ar rica em poeiras com origem no Norte de África.</p> <p>Este fenómeno natural afeta a qualidade do ar ambiente, estimando-se que possa contribuir para um aumento das concentrações de partículas em suspensão (PM₁₀) entre 20 a 50 µg·m⁻³ no Arquipélago da Madeira.</p> <p>A análise comparativa dos modelos de prognóstico de dispersão e transporte de poeiras pela circulação atmosférica indica, para o dia seguinte, o fim deste episódio de intrusão de partículas.</p> <p>A APA, IP, sugere o acompanhamento da evolução dos índices diários de qualidade do ar em http://qualar.apambiente.pt, e recomenda a consulta dos conselhos para a saúde em www.dgs.pt.</p>
Eventos naturais	<p>Transporte de partículas naturais com origem em regiões áridas:</p> <p>O transporte de longa distância de partículas com origem natural, em zonas áridas do Norte de África, como é o caso dos desertos do Sahara e Sahel pode causar elevados níveis de PM₁₀. Em Portugal e nos países Mediterrânicos estes eventos são mais frequentes nos períodos de primavera e verão. Para saber mais sobre este fenómeno clique aqui.</p>
Ficha técnica	<p>Mapas de previsão transporte de poeiras provenientes de regiões áridas (concentração de partículas à superfície às 0, 6, 12 e 18 UTC, e mapas de deposição seca e húmida, disponibilizados por NMMB/BSC-Dust model. Imagens cedidas de NMMB/BSC-Dust model, operado por Barcelona Supercomputing Center (https://dust.aemet.es/forecast).</p> <p>Ficha de previsão elaborada por DCEA-FCT/UNL para APA, IP.</p>



Previsão de transporte de partículas naturais com origem em regiões áridas	
Data	17/12/2023
Entidade Responsável	Agência Portuguesa do Ambiente, IP
Resumo	Prevê-se que o Arquipélago da Madeira seja influenciado por uma massa de ar com origem no Norte de África, transportando na circulação partículas e poeiras em suspensão, durante o dia 17 de dezembro 2023.
Mapa de previsão	
Descrição	<p>O Arquipélago da Madeira encontra-se sob influência de uma situação sinóptica que se caracteriza por uma vasta área anticiclone desde a Europa Central às Ilhas Canárias. Esta configuração resulta numa circulação do quadrante leste no Arquipélago da Madeira, nos níveis baixos da atmosfera, favorecendo a advecção e o transporte da massa de ar formada sobre os desertos do Norte de África.</p> <p>Este fenómeno natural afeta a qualidade do ar ambiente, estimando-se que possa contribuir para um aumento das concentrações de partículas em suspensão (PM₁₀) superior a 50 µg·m⁻³ no Arquipélago da Madeira.</p> <p>A análise comparativa dos modelos de prognóstico de dispersão e transporte de poeiras pela circulação atmosférica indica, para o dia seguinte, que este episódio de intrusão de partículas poderá manter-se.</p> <p>A APA, IP, sugere o acompanhamento da evolução dos índices diários de qualidade do ar em http://qualar.apambiente.pt, e recomenda a consulta dos conselhos para a saúde em www.dgs.pt.</p>
Eventos naturais	<p>Transporte de partículas naturais com origem em regiões áridas:</p> <p>O transporte de longa distância de partículas com origem natural, em zonas áridas do Norte de África, como é o caso dos desertos do Sahara e Sahel pode causar elevados níveis de PM₁₀. Em Portugal e nos países Mediterrânicos estes eventos são mais frequentes nos períodos de primavera e verão. Para saber mais sobre este fenómeno clique aqui.</p>
Ficha técnica	<p>Mapas de previsão transporte de poeiras provenientes de regiões áridas (concentração de partículas à superfície às 0, 6, 12 e 18 UTC, e mapas de deposição seca e húmida, disponibilizados por WMO Barcelona Dust Regional Center: https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products e SKIRON Dust, National and Kapodistrian University of Athens: https://forecast.uoa.gr/en/forecast-maps/dust/europe).</p> <p>Ficha de previsão elaborada por DCEA-FCT NOVA para APA, IP.</p>



Previsão de transporte de partículas naturais com origem em regiões áridas	
Data	01/02/2024
Entidade Responsável	Agência Portuguesa do Ambiente, IP
Resumo	Prevê-se que o Arquipélago da Madeira seja influenciado por uma massa de ar com origem no Norte de África, transportando na circulação partículas e poeiras em suspensão, durante o dia 01 de fevereiro 2024.
Mapa de previsão	
Descrição	<p>O Arquipélago da Madeira encontra-se sob influência de uma situação sinótica que se caracteriza por um anticiclone localizado no Golfo da Biscaia estendendo-se em crista ao Norte de África. Esta configuração resulta numa circulação do quadrante leste no Arquipélago da Madeira, nos níveis baixos da atmosfera, favorecendo a advecção e o transporte da massa de ar formada sobre os desertos do Norte de África.</p> <p>Este fenómeno natural afeta a qualidade do ar ambiente, estimando-se que possa contribuir para um aumento das concentrações de partículas em suspensão (PM₁₀) superior a 50 µg·m⁻³ no Arquipélago da Madeira.</p> <p>A análise comparativa dos modelos de prognóstico de dispersão e transporte de poeiras pela circulação atmosférica indica, para o dia seguinte, que este episódio de intrusão de partículas poderá manter-se no Arquipélago da Madeira e grupo Oriental e Central dos Açores.</p> <p>A APA, IP, sugere o acompanhamento da evolução dos índices diários de qualidade do ar em http://qualar.apambiente.pt, e recomenda a consulta dos conselhos para a saúde em www.dgs.pt.</p>
Eventos naturais	<p>Transporte de partículas naturais com origem em regiões áridas:</p> <p>O transporte de longa distância de partículas com origem natural, em zonas áridas do Norte de África, como é o caso dos desertos do Sahara e Sahel pode causar elevados níveis de PM₁₀. Em Portugal e nos países Mediterrânicos estes eventos são mais frequentes nos períodos de primavera e verão. Para saber mais sobre este fenómeno clique aqui.</p>
Ficha técnica	<p>Mapas de previsão transporte de poeiras provenientes de regiões áridas (concentração de partículas à superfície às 0, 6, 12 e 18 UTC, e mapas de deposição seca e húmida, disponibilizados por WMO Barcelona Dust Regional Center: https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products e SKIRON Dust, National and Kapodistrian University of Athens: https://forecast.uoa.gr/en/forecast-maps/dust/europe/.</p> <p>Ficha de previsão elaborada por DCEA-FCT NOVA para APA, IP.</p>