



Qualidade do Ar Ambiente Campanha de Monitorização

Junho e julho de 2024



Ponta do Pargo (futuro
campo de golfe).



Região Autónoma
da Madeira
Governo Regional

Secretaria Regional
de Turismo, Ambiente e Cultura
Direção Regional do Ambiente e Mar



Ficha Técnica

Título do Documento: Relatório de Qualidade do Ar Ambiente - Campanha na Ponta do Pargo (zona do futuro campo de golfe).

Elaboração: Valter Miranda - Engenheiro do Ambiente

Entidade Competente:

Direção Regional do Ambiente e Mar

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

Telefone: 351 291 145 610,

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

Endereço eletrónico: draam@madeira.gov.pt

Elaboração: outubro de 2025



Índice geral

1 - Introdução.....	4
2 - Poluição Atmosférica.....	5
3 – Metodologia	6
4 - Análise de resultados	7
4.1 - Monóxido de Carbono (CO)	7
4.2 - Dióxido de azoto (NO ₂)	8
4.3 – Partículas em suspensão (PM ₁₀)	9
4.4 – Ozono (O ₃)	10
4.5 – Dióxido de Enxofre (SO ₂)	11
5 – Análise meteorológica	13
5.1 – Velocidade do vento.....	14
5.2 - Direção do vento.....	14
5.3 – Radiação solar	15
5.4 - Humidade relativa	15
5.5 - Temperatura	16
5.6 – Pressão atmosférica	16
7 – Conclusão	17
8 – Bibliografia.....	17



Índice de Quadros:

Quadro 1 - Monóxido de Carbono (CO)	7
Quadro 2 – Dióxido de azoto (NO ₂)	8
Quadro 3 - PM ₁₀ : proteção da saúde humana.....	9
Quadro 4 - Ozono (O ₃).....	10
Quadro 5 - Dióxido de enxofre (SO ₂)	11
Quadro 6 - Dióxido de enxofre (SO ₂)	12

Índice de figuras:

Figura 1 – Local da campanha.....	6
Figura 2 – Máximo diário de CO e respetivo limite diário das médias octo-horárias.....	7
Figura 3 - Máximo diário de NO ₂ e respetivo limite horário.	8
Figura 4 - Média de NO ₂ na campanha e respetivo limite anual.....	8
Figura 5 - Médias diárias de PM ₁₀ e respetivo limite, diário.....	9
Figura 6 - Média de PM ₁₀ na campanha e respetivo limite anual.	10
Figura 7 – Concentrações máximas diárias de O ₃ e respetivo valor limite máximo diário das médias octo-horárias.	11
Figura 8 – Concentrações máximas diárias de SO ₂ e respetivos limites horário e diário.	12
Figura 9 - Média de SO ₂ na campanha e respetivo Nível Critico (anual).	13
Figura 10 – Velocidade média diária do vento.	14
Figura 11 - Predominância do vento.	14
Figura 12 – Radiação solar.....	15
Figura 13 – Humidade relativa.	15
Figura 14 Temperatura.	16
Figura 15 Pressão atmosférica.	16



1 - Introdução

O presente documento pretende avaliar, os dados obtidos numa campanha de monitorização de qualidade do ar ambiente realizada na Ponta do Pargo, mais concretamente na localização do futuro Campo de Golfe da Ponta do Pargo a uma distância de aproximadamente 250 m do miradouro junto à casa de Chá da Ponta do Pargo e a 820 metros de distância Farol da Ponta do Pargo, com os limites estabelecidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, na sua atual redação, 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. A referida campanha decorreu entre 4 de junho de 2024 e 6 de julho de 2024.

O local da campanha foi um terreno que será parte do futuro campo de golf gerido pela A Sociedade de Promoção e Desenvolvimento da Zona Oeste da Madeira S.A. que amavelmente recebeu a estação móvel de qualidade do ar para se poderem recolher os dados utilizados neste relatório.

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

- Óxidos de azoto (NO_2);
- Monóxido de carbono (CO);
- Partículas atmosféricas (PM_{10});
- Ozono (O_3);
- Dióxido de Enxofre (SO_2);

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 (MP_{10}), entre outras substâncias [3].

3 – Metodologia

Foram confrontados os dados obtidos na campanha com os limites dispostos no DL.

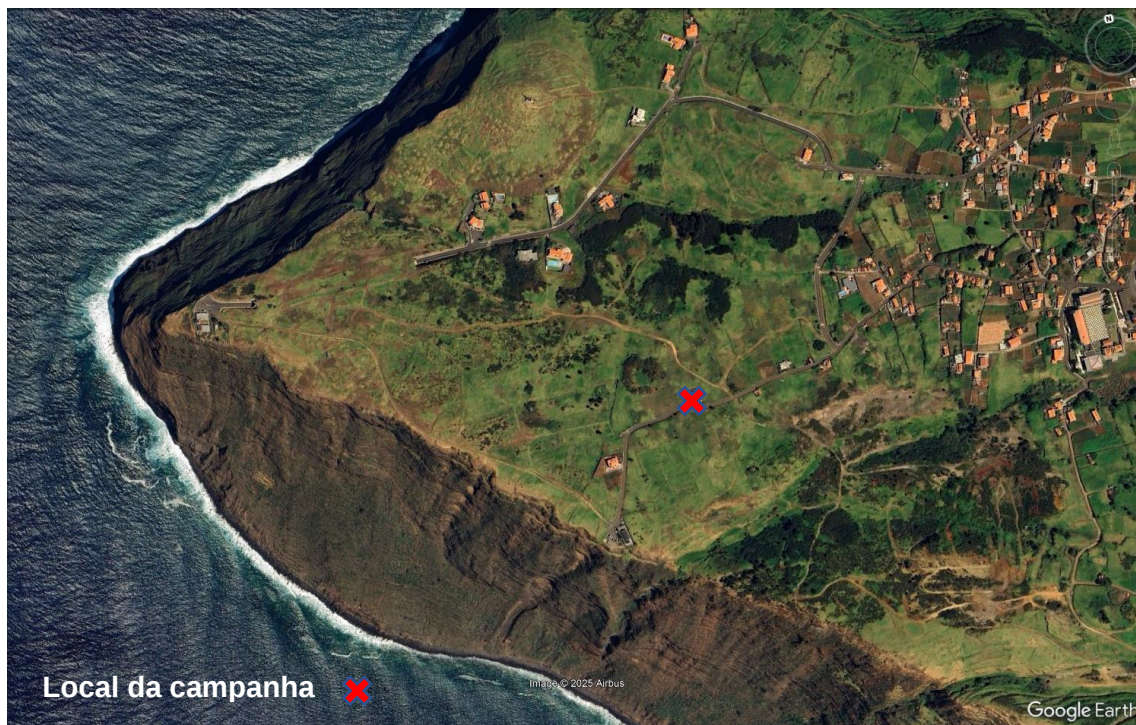


Figura 1 – Local da campanha.



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 concentrações 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.

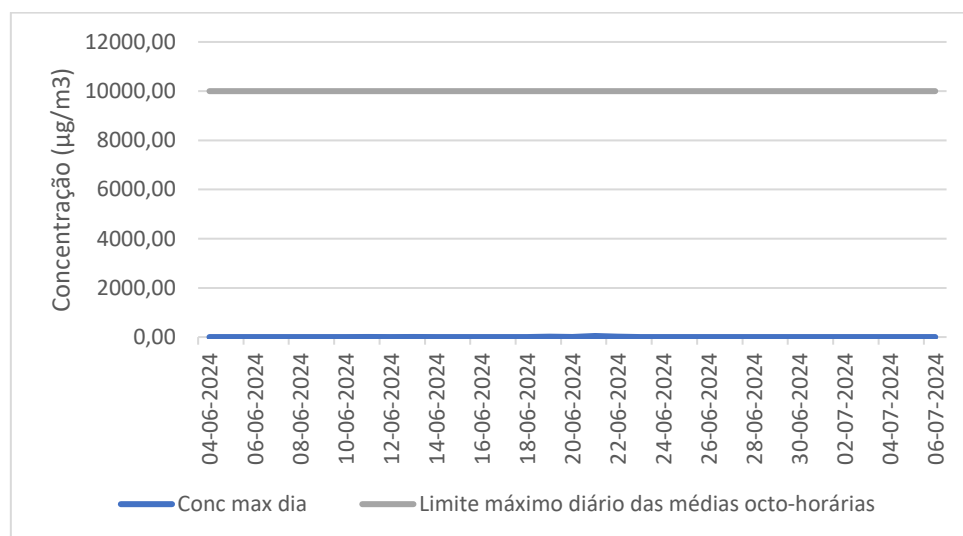


Figura 2 – Máximo diário de CO e respetivo limite diário das médias octo-horárias.

A análise do quadro e da figura supra, permite verificar o cumprimento do valor limite diário definido para o poluente CO no período estudado. O valor máximo diário mais alto registou-se no dia 21 de junho de 2024, ($44,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$) enquanto que o valor mais baixo registado ($0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ocorreram nos dias 3 a 9 de junho, 11, 13 a 17 e 22 de junho a 6 de julho. Verifica-se também que as concentrações máximas diárias registadas são muito inferiores ao limite diário das médias octo-horária ($10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A concentração média de CO da campanha foi de $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



4.2 - Dióxido de azoto (NO₂)

Quadro 2 – Dióxido de azoto (NO₂)

NO ₂ - Proteção da saúde humana	
Período de referência	Valor limite (µg/m ³)
Uma hora	200 (*)
Ano Civil	40

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

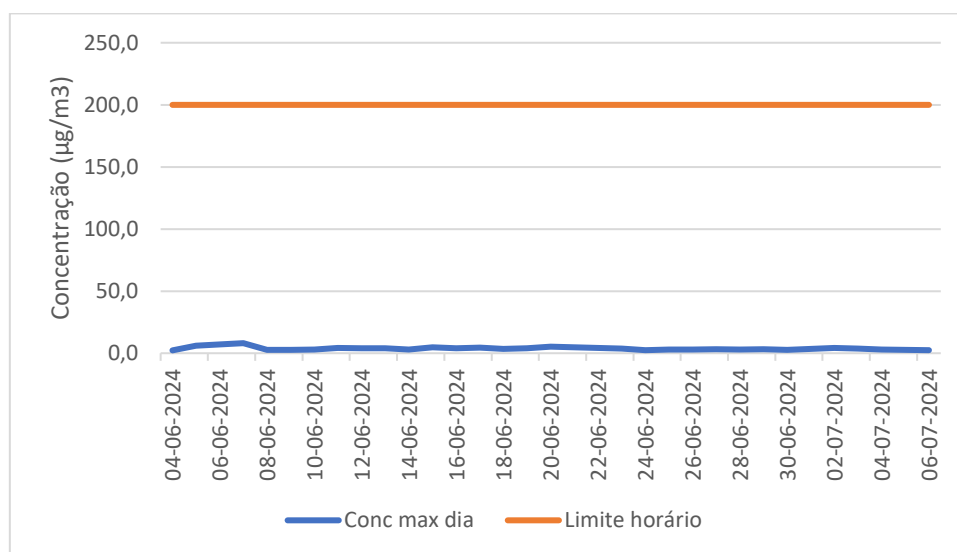


Figura 3 - Máximo diário de NO₂ e respetivo limite horário.

Da apreciação da Figura 3 pode-se depreender que não ocorreu qualquer ultrapassagem ao limite horário de NO₂ no período analisado. A concentração mais elevada registou-se a 7 de junho de 2024 (8,1 µg/m³), enquanto que o valor máximo diário mais baixo registado (2,3 µg/m³), aconteceu no dia 4 de junho de 2024.

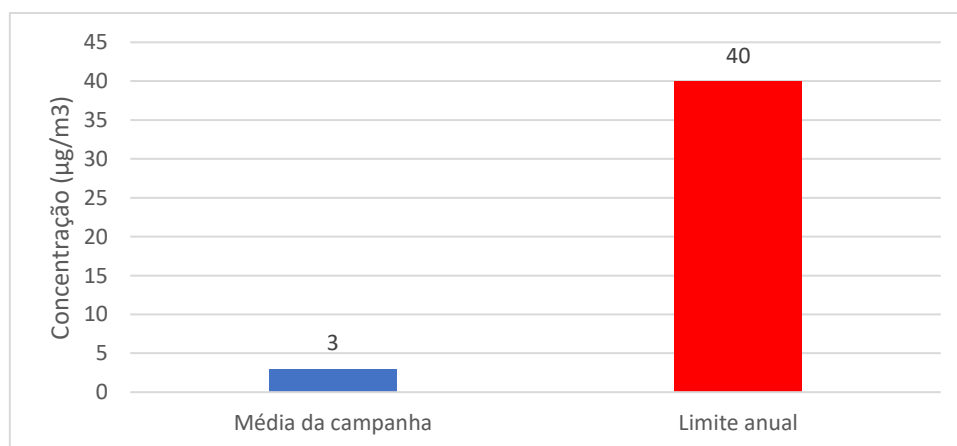


Figura 4 - Média de NO₂ na campanha e respetivo limite anual.



Analisada a Figura 4 verifica-se que a concentração média da campanha ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encontra 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.

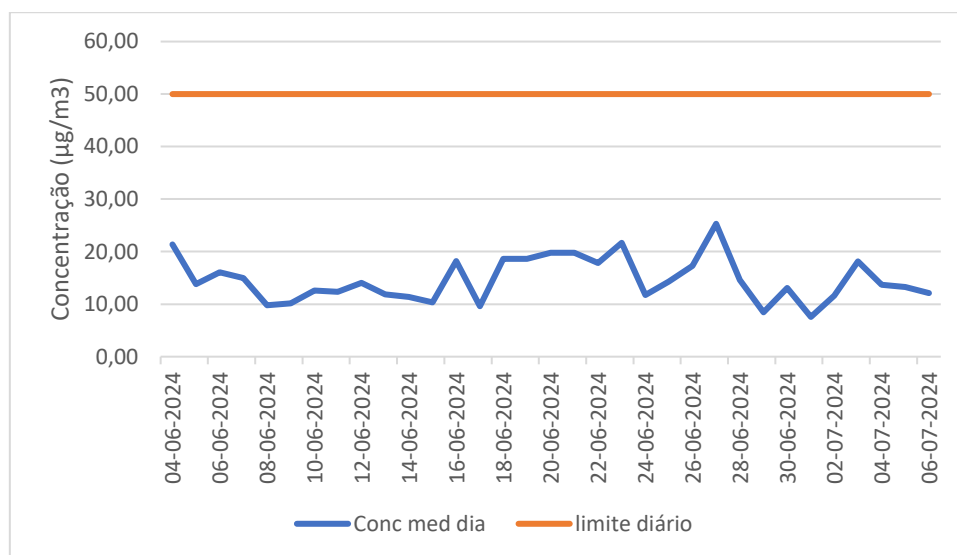


Figura 5 - Médias diárias de PM_{10} e respetivo limite, diário.

Na Figura 5 não se vislumbra qualquer ultrapassagem ao limite diário de PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De referir que no período estudado não ocorreu qualquer previsão de eventos de transporte de poeiras oriundas dos desertos do Norte de África. A média diária mais baixa da campanha foi de $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no 1 de julho de 2024, enquanto que a média diária mais elevada registada foi de $25,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e aconteceu no dia 27 de junho de 2024.

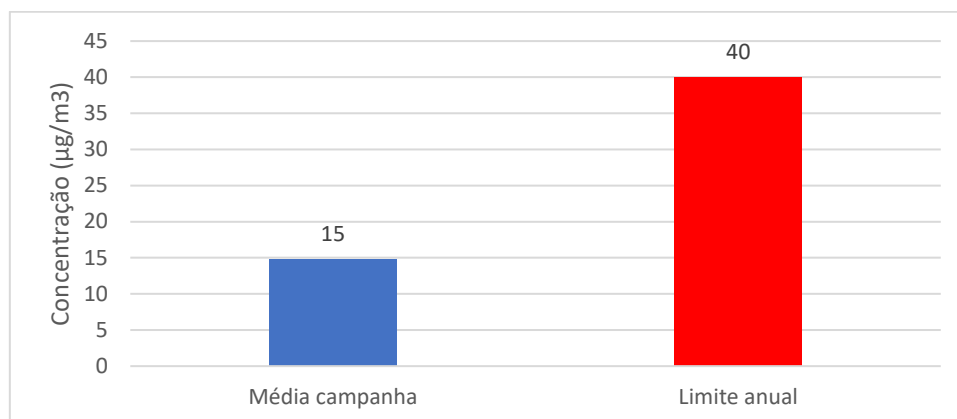


Figura 6 - Média de PM₁₀ na campanha e respetivo limite anual.

De acordo com a Figura 6, a concentração média de PM₁₀ na campanha foi de 15 µg/m³, abaixo do limite anual de 40 µg/m³.

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/m³)	Obj. Longo prazo (**) (µg/m³)	Limiar de informação (µg/m³)	Limiar de alerta (µg/m³)
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.

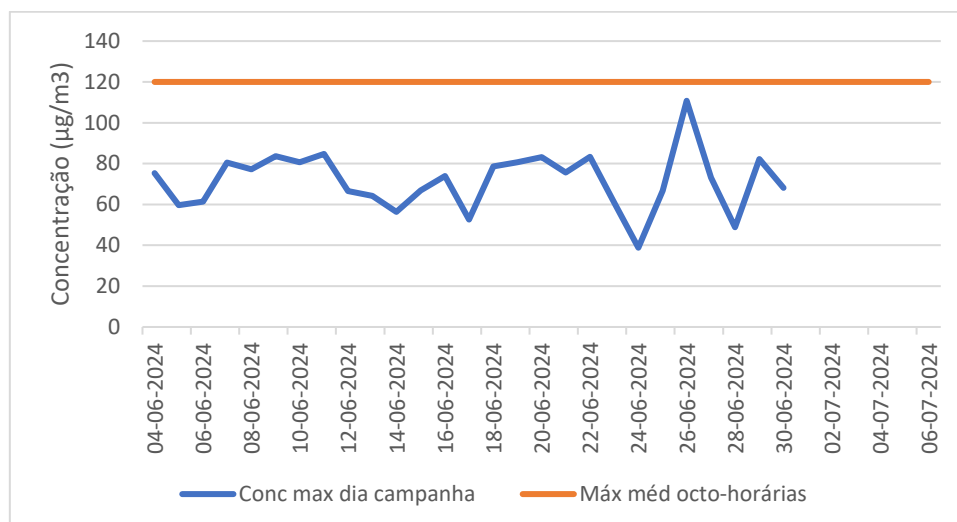


Figura 7 – Concentrações máximas diárias de O₃ e respetivo valor limite máximo diário das médias octo-horárias.

Através da apreciação da Figura 7 pode-se verificar que não ocorreu qualquer ultrapassagem do limite máximo diário das médias octo-horárias de O₃. No dia 26 de junho de 2024 obteve-se a concentração máxima diária mais baixa da campanha com 39 µg/m³, e no dia 24 de junho de 2024 a concentração máxima diária mais elevada (111 µg/m³). A concentração média de O₃ no período estudado foi de 64,5 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/m³)	Limiar de Alerta (µg/m³)	LSA - SH (µg/m³)	LIA - SH (µg/m³)
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.

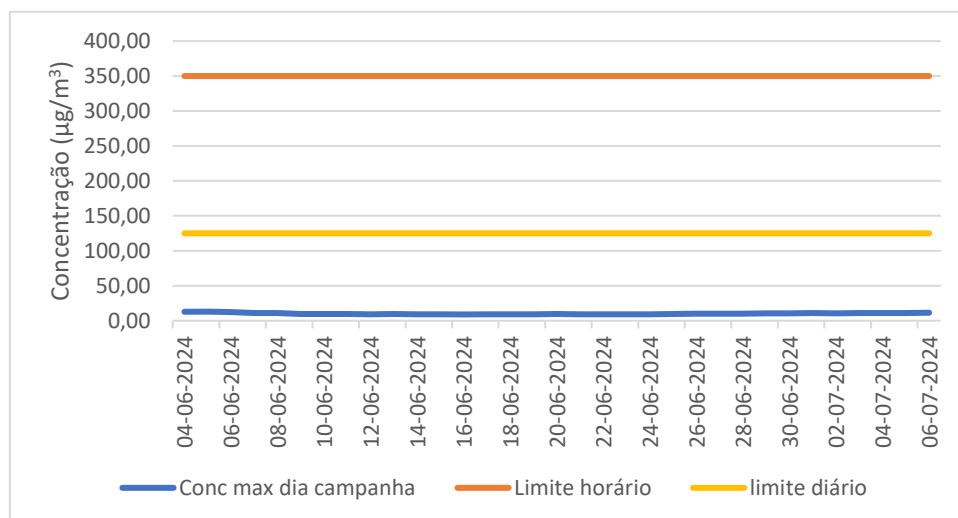


Figura 8 – Concentrações máximas diárias de SO₂ e respetivos limites horário e diário.

Após a apreciação da Figura 8 pode-se atestar o cumprimento dos limites horário e diário para o poluente atmosférico SO₂ no período estudado. No que diz respeito à concentração máxima diária mais elevada, esta ocorreu no dia 5 de junho de 2024 (12,96 µg/m³), enquanto a concentração máxima diária mais baixa registada foi obtida no dia 16 de junho de 2024 (8,96 µg/m³).

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).

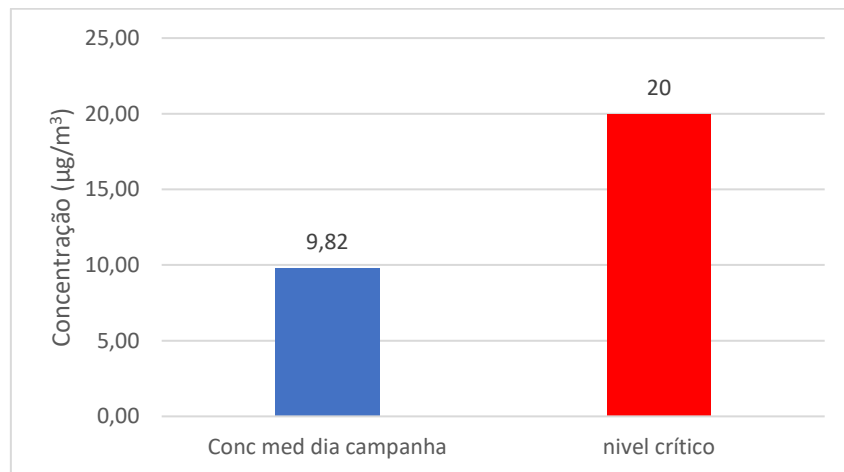


Figura 9 - Média de SO₂ na campanha e respetivo Nível Crítico (anual).

A análise da Figura 9 permite-nos afirmar que não aconteceram ultrapassagens de nível crítico para a proteção da vegetação, tendo a média da campanha sido de 9,82 µg/m³.

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

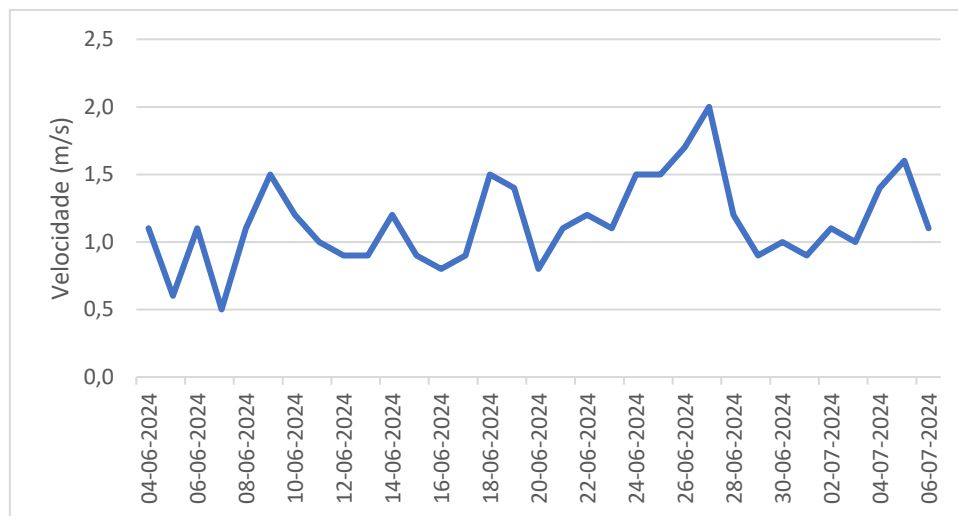


Figura 10 – Velocidade média diária do vento.

A velocidade média do vento no período alvo de estudo foi de 1,1 m/s. A velocidade média diária mais baixa registada na primeira campanha foi de 0,5 m/s no dia 7 de junho de 2024, enquanto que a mais alta, foi de 2 m/s e registou-se no dia 27 de junho de 2024.

5.2 - Direção do vento

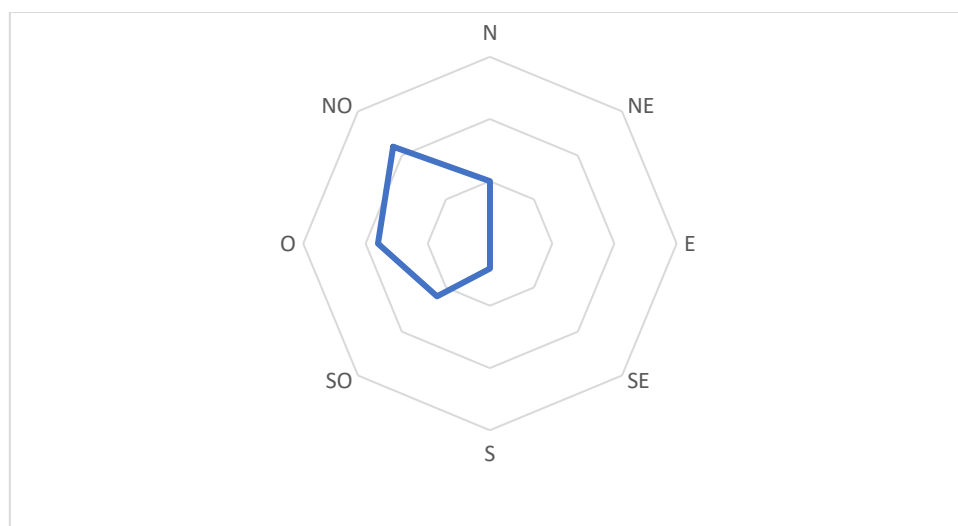


Figura 11 - Predominância do vento.

A direção média diária predominante do vento foi de Noroeste com 11 dias num universo de 33 dias estudados, seguida da direção Oeste com 9 dias.



5.3 – Radiação solar

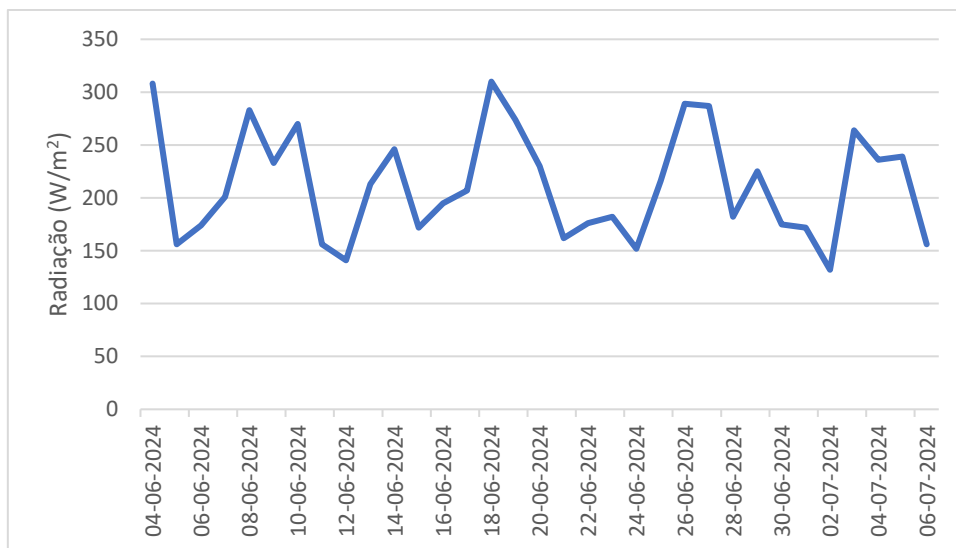


Figura 12 – Radiação solar.

A radiação solar média obtida na monitorização foi de 213 W/m². O valor médio diário mais baixo registou-se no dia 18 de junho de 2024 (132 W/m²) enquanto que o dia com o valor mais elevado foi o dia 2 de julho de 2024 (310 W/m²).

5.4 - Humidade relativa

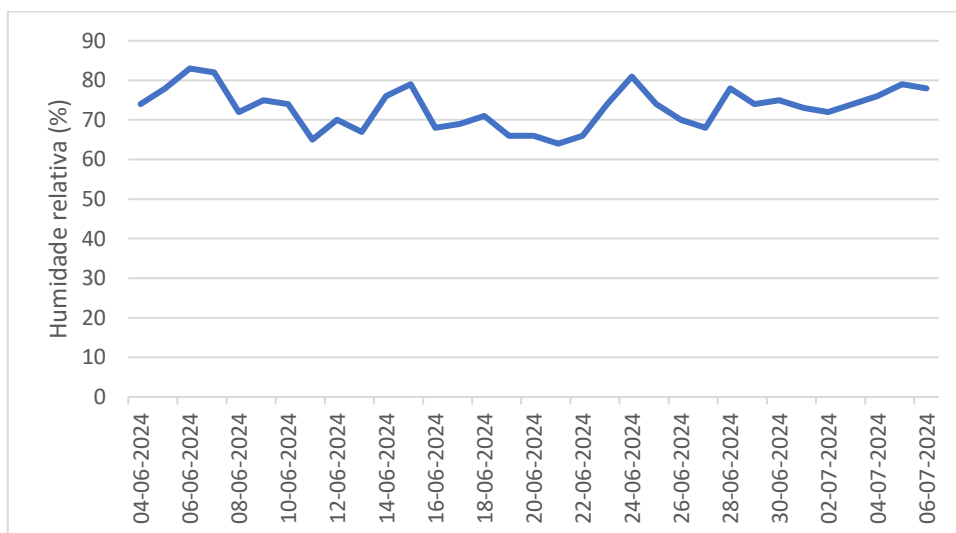


Figura 13 – Humidade relativa.

A humidade relativa média registada no período amostrado foi de 73%. O dia mais húmido foi o dia 6 de junho de 2024 com 83% e o mais seco foi o dia 21 de junho de 2023 (64%).



5.5 - Temperatura

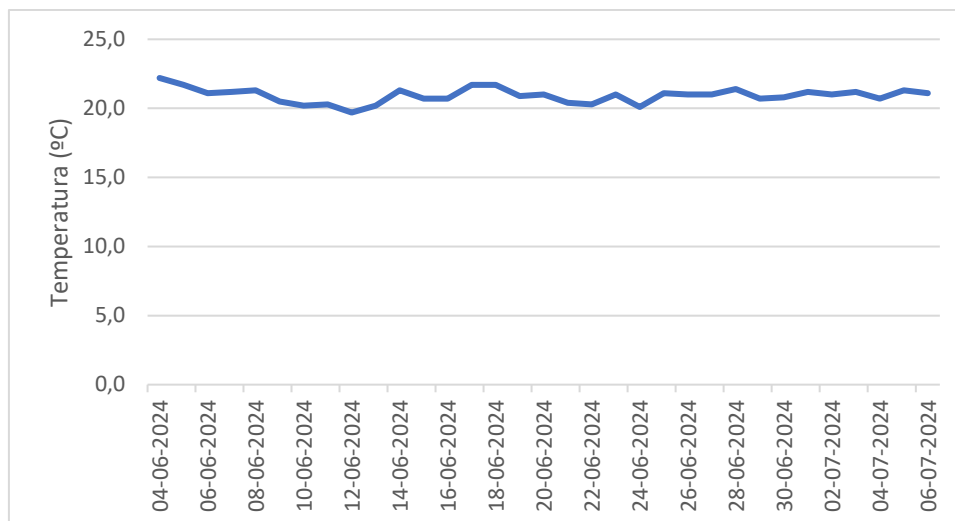


Figura 14 Temperatura.

A temperatura média da campanha foi de 20,9 °C. O dia mais quente foi o dia 4 de junho de 2024 com uma temperatura média diária de 22,2 °C e o mais frio foi o dia 23 de maio de 2023 (19,7 °C).

5.6 – Pressão atmosférica

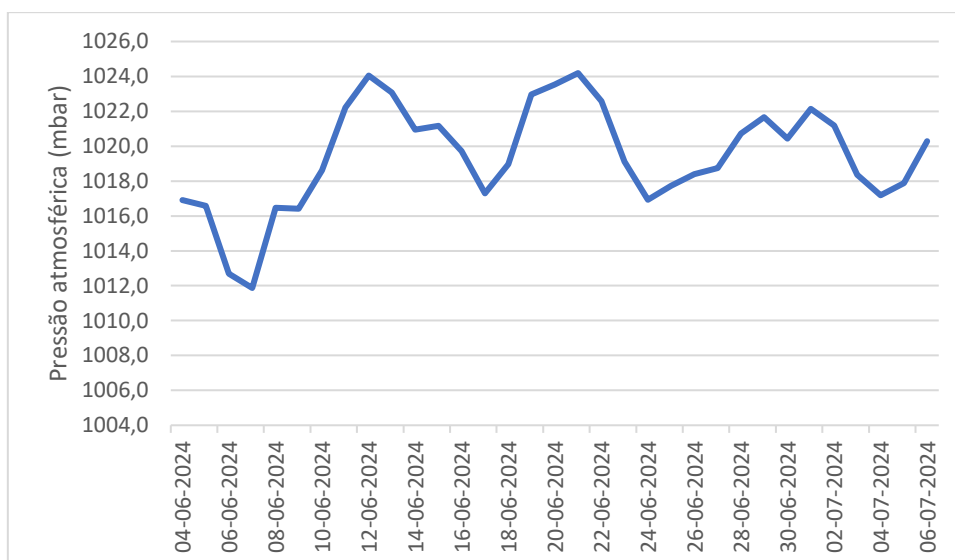


Figura 15 Pressão atmosférica.

A pressão atmosférica média do período analisado foi de 1019,4 mbar. O menor valor médio diário ocorreu no dia 7 de junho de 2029 (1011,9 mbar) enquanto que o maior (1024,2 mbar) sucedeu no dia 28 de abril de 2023.



7 – 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.

8 – 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.