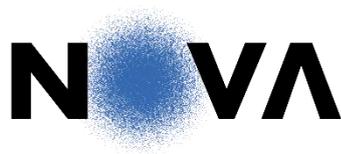


REAVALIAÇÃO DAS ZONAS E AGLOMERAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DA REGIÃO NORTE

Abril 2021



NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL
SCIENCES AND ENGINEERING

Título	REAVIAÇÃO DAS ZONAS E AGLOMERAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DA REGIÃO NORTE
Data	Abril 2021
CCDR-N	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N)
	
FCT/NOVA	NOVA School of Science and Technology (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa - FCT NOVA)
	
Equipa técnica	<p>Francisco Ferreira (FCT NOVA – Interlocutor científico e coordenação geral)</p> <p>Joana Monjardino (FCT/NOVA – Equipa técnica)</p> <p>Luísa Mendes (FCT/NOVA – Equipa técnica meteorologia)</p>

Índice

1	Introdução.....	7
2	Contexto legislativo.....	9
3	Poluentes atmosféricos – fontes, efeitos, objetivos ambientais, influência da meteorologia	10
3.1	Dióxido de azoto (NO ₂)	10
3.2	Partículas em suspensão (PM ₁₀)	11
3.3	Ozono (O ₃).....	13
3.4	Meteorologia e qualidade do ar	14
4	Avaliação e gestão da qualidade do ar na região Norte	15
4.1	Unidades funcionais de avaliação e gestão: zonas e aglomerações.....	15
4.2	Verificação dos critérios de classificação de zonas e aglomerações	18
4.2.1	Aglomerações.....	19
4.2.2	Zonas	23
4.3	Rede de monitorização da qualidade do ar da região Norte.....	29
4.4	Regime de avaliação da qualidade do ar em zonas e aglomerações.....	32
4.5	Verificação do regime de avaliação da qualidade do ar em zonas e aglomerações, do número mínimo e da distribuição espacial de estações de monitorização	34
5	Resultados da rede de monitorização da qualidade do ar da região Norte entre 2012 e 2018.....	37
5.1	Cobertura da rede de monitorização e correlação dos dados de qualidade do ar	37
5.1.1	Eficiência das medições de qualidade do ar	37
5.1.2	Correlações entre poluentes e estações de qualidade do ar.....	40
5.2	Evolução da qualidade do ar	45
5.3	Evolução da situação de conformidade legal	50
5.3.1	Dióxido de azoto (NO ₂)	50
5.3.2	Partículas em suspensão (PM ₁₀)	53
5.3.3	Ozono (O ₃).....	55
5.3.4	Apreciação global.....	57
5.4	Análise de episódios de poluição.....	63
5.5	Representatividade das estações de qualidade do ar da região Norte	77
6	Considerações finais.....	81
7	Referências bibliográficas.....	85

Índice de Figuras

Figura 1. Delimitação das unidades de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente na região Norte	16
Figura 2. Densidade populacional ao nível da freguesia (em 2011) e representação das zonas e aglomerações para a avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente na região Norte	19
Figura 3. Densidade populacional ao nível da freguesia (em 2011) na aglomeração de Porto Litoral	20
Figura 4. Densidade populacional ao nível da freguesia (em 2011) na aglomeração de Entre Douro e Minho...	20
Figura 5. Alterações da configuração territorial decorrentes da reorganização de freguesias (Freguesias em 2011 e Uniões de freguesias em 2019). Fonte: DGT, 2019 (Carta Administrativa Oficial de Portugal - Versão 2019) .	22
Figura 6. Mapas de temperatura média anual (esq.), precipitação acumulada anual (centro), clima de Portugal Continental segundo a classificação de Köppen (dir.)	24
Figura 7. Altimetria na região Norte	24
Figura 8. População por freguesia da região Norte (Censos 2011, INE)	26
Figura 9. Movimentos pendulares na região Norte (interações regionais com fluxos de 200 ou mais pessoas) (Censos 2011, INE)	26
Figura 10. Ocupação do solo na região Norte (<i>Corine Land Cover</i> 2006) (DGT, 2019)	27
Figura 11. Grau de coberto vegetal na região Norte (DGT, 2019)	27
Figura 12. Concentração média anual de fundo de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ na região Norte, por zona.....	28
Figura 13. Representação da rede de estações de monitorização da qualidade do ar da CCDR-N.....	31
Figura 14. Representação do regime de avaliação da qualidade do ar em função das concentrações de poluentes atmosféricos	33
Figura 15. Evolução do número de estações de monitorização e da eficiência das medições de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ , na região Norte, entre 2012 e 2018	38
Figura 16. Representação da matriz de correlação entre as médias diárias de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ registadas no Porto Litoral em estações Urbanas e Suburbanas de Fundo.....	41
Figura 17. Representação das estações e poluentes para os quais se obtiveram os maiores coeficientes de correlação entre as médias horárias de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ medidas no Porto Litoral em estações Urbanas e Suburbanas de Fundo	42
Figura 18. Representação da matriz de correlação entre as médias diárias de NO ₂ registadas na aglomeração do Porto Litoral em estações de Tráfego e Fundo	43
Figura 19. Representação da matriz de correlação entre as médias diárias de NO ₂ e de PM ₁₀ registadas na aglomeração de Entre Douro e Minho em estações de Tráfego e Fundo	43
Figura 20. Concentrações médias de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ , entre 2012 e 2018, por ano	46
Figura 21. Concentrações médias de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ , entre 2012 e 2018, por ano e zona	46
Figura 22. Perfis de concentrações médias de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ , entre 2012 e 2018, por hora do dia	47
Figura 23. Perfis de concentrações médias de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ , entre 2012 e 2018, por hora do dia e estação de Inverno e Verão	48
Figura 24. Perfis de concentrações médias de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ , entre 2012 e 2018, por dia da semana	49
Figura 25. Evolução das excedências ao valor limite anual (VLA) de NO ₂ (o de mais difícil cumprimento), entre 2012 e 2018, expresso em percentagem do valor limite para as estações da região Norte	52
Figura 26. Necessidade de redução das concentrações de NO ₂ de modo a cumprir o valor limite anual (%)	53

Figura 27. Evolução das excedências ao valor limite diário (VLD) de PM ₁₀ (o de mais difícil cumprimento), entre 2012 e 2018, expresso em percentagem das excedências ao valor limite para as estações da região Norte	55
Figura 28. Perfis de excedências de NO ₂ e O ₃ , ocorridas entre 2012 e 2018, por hora do dia.....	60
Figura 29. Perfis de excedências de NO ₂ e PM ₁₀ , ocorridas entre 2012 e 2018, por hora do dia	61
Figura 30. Número total de excedências de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ , ocorridas entre 2012 e 2018, por estação do ano	61
Figura 31. Comparação de parâmetros meteorológicos em dias com e sem episódios de poluição de NO ₂ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte	69
Figura 32. Comparação da altura da camada de mistura em dias com e sem episódios de poluição de NO ₂ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte	70
Figura 33. Comparação de parâmetros meteorológicos em dias com e sem episódios de poluição de PM ₁₀ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte	71
Figura 34. Comparação da altura da camada de mistura em dias com e sem episódios de poluição de PM ₁₀ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte	72
Figura 35. Comparação de parâmetros meteorológicos em dias com e sem episódios de poluição de O ₃ ocorridos entre 2012 e 2018	73
Figura 36. Comparação de parâmetros meteorológicos em dias de episódios de poluição de O ₃ , ocorridos entre 2012 e 2018, em zonas e aglomerações.....	74
Figura 37. Frequência de rumo do vento (%) registada na região Norte, entre 2012 e 2018, com e sem a ocorrência de episódios de poluição por NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃	75
Figura 38. Áreas de representatividade de estações de tráfego/industriais e de estações de fundo urbano/suburbano	79
Figura 39. Áreas de representatividade de estações de tráfego/industriais e de estações de fundo urbano/suburbano no Grande Porto.....	79
Figura 40. Áreas de representatividade de estações rurais de e fundo	80

Índice de Tabelas

Tabela 1. Objetivos ambientais definidos para o poluente NO ₂ no Decreto-Lei n.º 102/2010.....	11
Tabela 2. Objetivos ambientais em matéria de qualidade do ar definidos para as partículas PM ₁₀ no Decreto-Lei n.º 102/2010.....	12
Tabela 3. Objetivos ambientais em matéria de qualidade do ar definidos para o O ₃ no Decreto-Lei n.º 102/2010	14
Tabela 4. Características das zonas e aglomerações da região Norte	16
Tabela 5. Concelhos que integram as zonas e aglomerações da região Norte	17
Tabela 6. Evolução da população nas zonas e aglomerações da região Norte	18
Tabela 7. Constituição da rede de estações de monitorização da qualidade do ar gerida pela CCDR-N (em 2019)	30
Tabela 8. Composição da rede de monitorização da CCDR-N por tipo de ambiente envolvente e por fonte de emissão dominante	32
Tabela 9. Verificação do cumprimento de critérios relativos ao número mínimo de analisadores de NO ₂ e PM ₁₀ a instalar em zonas e aglomerações.....	35
Tabela 10. Verificação do cumprimento de critérios relativos ao número mínimo de analisadores de O ₃ a instalar em zonas e aglomerações	35
Tabela 11. Eficiência anual das medições de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ , por estação da região Norte, entre 2012 e 2018	39
Tabela 12. Verificação da conformidade legal face aos parâmetros valor limite anual e valor limite horário de NO ₂ (indicadores: média anual em µg/m ³ e n.º de horas em excedência)	51
Tabela 13. Verificação da conformidade legal face aos parâmetros valor limite anual e valor limite diário de PM ₁₀ (indicadores: média anual em µg/m ³ e n.º de dias em excedência).....	54
Tabela 14. Verificação da conformidade legal face ao valor alvo de O ₃ (indicador: n.º de dias em excedência) e ultrapassagens ao limiar de informação ao público (indicador: n.º de horas em excedência)	56
Tabela 15. Resumo das situações de inconformidade legal aos valores limite de NO ₂ e PM ₁₀ e com excedências ao limiar de informação ao público de O ₃ , entre 2012 e 2018.....	58
Tabela 16. Caracterização de episódios de poluição de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte, por tipologia de estação	65
Tabela 17. Caracterização de episódios de poluição de NO ₂ , PM ₁₀ e O ₃ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte, em zonas e aglomerações	66
Tabela 18. Intervalos típicos de áreas de representatividade por tipo de estação de monitorização da qualidade do ar.....	78

1 Introdução

O presente documento diz respeito ao relatório final de atividades desenvolvidas no âmbito do contrato de cooperação, celebrado entre a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N) e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa (FCT NOVA), no âmbito da elaboração de estudos técnico-científicos na área da qualidade do ar ambiente na região Norte. Mais concretamente refere-se à tarefa de reavaliação das zonas e aglomerações da região Norte.

O Decreto-Lei 102/2010, de 23 de setembro, estabelece o regime de avaliação e gestão da qualidade do ar em Portugal de modo a evitar, prevenir ou reduzir os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana e nos ecossistemas. Este diploma legal estabelece, entre outros aspetos:

- o conceito de zonas e aglomerações, como sendo as unidades funcionais de gestão da qualidade do ar no território;
- que para efeitos de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, a delimitação de zonas e aglomerações para cada poluente é efetuada pelas CCDR, em articulação com a APA;
- que a delimitação das zonas e aglomerações por poluente é revista de cinco em cinco anos, em função dos resultados da avaliação da qualidade do ar ambiente e de alterações dos critérios que determinaram a sua delimitação.

As zonas e aglomerações foram inicialmente delimitadas, a nível nacional em 2001¹. Em 2009 a CCDR-N elaborou um estudo de reavaliação das zonas e aglomerações da região Norte, com enfoque *i)* na constituição da rede de monitorização da qualidade do ar, *ii)* nos critérios de localização de estações (macro e micro localização), *iii)* na satisfação do número mínimo de analisadores legalmente exigido, *iv)* nos dados de concentrações obtidos, quer através do histórico das estações (entre 2003 e 2007), quer através de campanhas de monitorização (efetuadas em 2008) que permitiram melhorar o conhecimento existente sobre a distribuição espacial dos poluentes na aglomeração do Porto Litoral. Mais recentemente, com efeitos a partir de 2013, a CCDR-N efetuou a união de três aglomerações (Braga, Vale do Ave e Vale do Sousa) que passaram a configurar a aglomeração única de Entre Douro e Minho.

Neste contexto, e nos termos da legislação em vigor, o presente trabalho pretende dar resposta às seguintes questões:

- verificar a atual delimitação das zonas e aglomerações de gestão da qualidade do ar na região Norte, tendo em consideração os dados de população mais recentes (ao nível da freguesia) e o conhecimento atual sobre as características territoriais e de qualidade do ar na região Norte;
- verificar o número de analisadores face ao mínimo legislado, de acordo com os níveis de qualidade do ar dos últimos cinco anos (analisando-se o período de 2014 a 2018) e dados de população;

¹ O documento “Delimitação de zonas e aglomerações para avaliação da qualidade do ar em Portugal”, foi publicado em outubro de 2001. Nele encontram-se definidas as zonas e aglomerações para Portugal e os respetivos critérios de delimitação. Esse trabalho foi desenvolvido pelo Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (DCEA-FCT NOVA) para o então Instituto do Ambiente (atual Agência Portuguesa do Ambiente (APA)), em conjunto com as Direções Regionais do Ambiente e Ordenamento do Território (DRAOT) (atuais Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR)).

- analisar o grau de cobertura anual da rede de monitorização (eficiência);
- verificar o comportamento dos dados da rede, analisando a tendência de variação comum entre várias estações e poluentes (comportamentos idênticos podem refletir a contribuição de fontes de emissão comuns e indicar um bom nível de funcionamento dos equipamentos);
- efetuar o diagnóstico da qualidade do ar na região Norte, em termos médios, com a análise da tendência evolutiva das concentrações (período 2012-2018), dos perfis horários e semanais e da sazonalidade;
- efetuar o diagnóstico da situação de conformidade legal face aos valores limite e valor alvo, identificando-se as situações mais críticas em termos de poluição atmosférica;
- analisar os episódios de poluição, caracterizando a sua ocorrência na região Norte e a relação com as condições atmosféricas prevalentes associadas.

De modo a explorar em maior profundidade as situações que constituam problemas de qualidade do ar na região Norte, a análise apresentada foca-se apenas nos poluentes para os quais se têm observado as concentrações mais elevadas, nomeadamente, no dióxido de azoto (NO_2), nas partículas em suspensão (PM_{10}) e no ozono (O_3).

2 Contexto legislativo

A qualidade do ar ambiente é atualmente um dos fatores ambientais de maior preocupação a nível europeu, particularmente em zonas urbanas, onde se encontram fontes de poluição significativas, bem como, grande parte da população exposta a concentrações elevadas de poluentes atmosféricos. Apesar da qualidade do ar ter melhorado significativamente nas últimas décadas, a poluição do ar continua a ser a principal causa ambiental de morte prematura na União Europeia (UE), sobretudo devido aos poluentes ozono (O₃), dióxido de azoto (NO₂) e partículas finas. Tem sido demonstrada a relação entre a exposição a poluentes atmosféricos e efeitos adversos na saúde sendo, os mais comuns, o aparecimento ou agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares, particularmente em grupos sensíveis da população como as crianças, idosos e indivíduos com problemas respiratórios ou cardíacos.

A fim de reduzir os impactos negativos da poluição atmosférica na saúde humana e no ambiente, a UE tem vindo a adotar um conjunto de medidas legislativas, visando essencialmente a redução das emissões de poluentes e a definição de objetivos e normas de qualidade do ar.

A 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, veio definir normas e objetivos de qualidade do ar para as partículas em suspensão (PM₁₀ e PM_{2,5}), óxidos de azoto (NO_x), NO₂, O₃, monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), benzeno (C₆H₆) e um conjunto de outros poluentes, que são considerados nocivos para a saúde humana e para o ambiente. Estas normas, baseadas nas orientações da Organização Mundial de Saúde, incluem valores limite (VL) (que são juridicamente vinculativos e não devem ser excedidos), valores alvo (VA) (que devem ser alcançados, sempre que possível, tomando medidas que não impliquem custos desproporcionados), limiares de informação ao público (LI) e de alerta (LA) (a fim de proteger a população em geral e os sectores mais vulneráveis, respetivamente, contra breves episódios de exposição a concentrações elevadas de poluentes), entre outros.

A Diretiva 2008/50/CE foi transposta para a ordem jurídica nacional pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, que agregou também a Diretiva 2004/107/CE, de 15 de dezembro, relativa ao arsénio, cádmio, mercúrio, níquel e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP). Este diploma, que estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, fixa os objetivos de qualidade do ar destinados a evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente e define métodos e critérios a ter em consideração na avaliação dos poluentes atmosféricos.

O Decreto-Lei n.º 102/2010 atribui às CCDR, na sua área de jurisdição, a manutenção e gestão das redes de monitorização da qualidade do ar. De acordo com este diploma, são definidos os critérios para a delimitação das unidades de avaliação e gestão da qualidade do ar, designadas por Zonas e Aglomerações, bem como, a respetiva estratégia de avaliação a adotar, com base na ultrapassagem ou não dos limiares inferiores e superiores de avaliação (LIA e LSA) associados a cada valor limite (VL) estabelecido. No referido Decreto-Lei são também dadas indicações para o número, classificação e critérios de localização das estações de monitorização da qualidade do ar.

As CCDR são as unidades orgânicas responsáveis por garantir que os níveis dos poluentes sejam mantidos abaixo dos VL e desenvolver esforços para preservar a melhor qualidade do ar ambiente compatível com o desenvolvimento sustentável.

3 Poluentes atmosféricos – fontes, efeitos, objetivos ambientais, influência da meteorologia

3.1 Dióxido de azoto (NO₂)

O dióxido de azoto resulta da combinação do azoto e do oxigénio do ar. Esta reação pode originar compostos de fórmulas químicas diversas, agrupados sob a designação comum de óxidos de azoto (NO_x). Os mais relevantes como poluentes atmosféricos são o monóxido de azoto (NO) e o dióxido de azoto (NO₂) embora apenas este último seja objeto de regulamentação.

O NO₂ é um gás reativo que resulta da queima de combustíveis fósseis a temperaturas elevadas, especialmente nas unidades industriais e nos motores dos veículos, destacando-se os seguintes aspetos relativos às suas fontes e efeitos:

- Na combustão a elevadas temperaturas o azoto e o oxigénio moleculares do ar formam os óxidos de azoto, sobretudo monóxido de azoto que, na atmosfera, se oxida em grande parte a dióxido de azoto;
- A exceção à emissão predominante de NO_x sob a forma de NO verifica-se no caso dos veículos a gasóleo, sendo que estes emitem uma maior proporção de NO₂ (cerca de 70%) devido aos sistemas de pós-tratamento de escape;
- Relativamente às emissões do sector do transporte rodoviário, a nível europeu, há uma clara tendência de aumento significativo das emissões da fração primária de NO₂, principalmente em veículos mais recentes (como os das Normas Euro 4 e 5), devido à combinação da proporção de veículos a gasóleo na constituição das frotas (que aumentou como resultado dos incentivos que visavam a redução das emissões de CO₂) com a maior quantidade de quilómetros percorridos, o que contribui para ultrapassagens mais frequentes dos limites de NO₂ em locais de tráfego;
- Em termos de efeitos na saúde, tem-se verificado que o NO₂, ao ter pouca afinidade pela água das mucosas, alcança as regiões profundas do trato respiratório e inibe algumas funções dos pulmões, tais como a resposta imunológica, diminuindo a resistência às infeções;
- Os efeitos do NO₂ na saúde humana traduzem-se no aumento da suscetibilidade a doenças respiratórias, principalmente em crianças, potenciando por exemplo o risco de ataques de asma.

Para o poluente NO₂ a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário (VLH) de 200 µg/m³, que não deve ser excedido mais do que 18 vezes no ano, e um valor limite anual (VLA) de 40 µg/m³, ambos de cumprimento obrigatório desde 2010.

Para este poluente está ainda definido um limiar de alerta horário, de 400 µg/m³, medido durante três horas consecutivas. Este limiar nunca foi excedido no período compreendido entre 2012 e 2018.

A Tabela 1 sumariza os objetivos ambientais para a proteção da saúde humana definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010 para o NO₂.

Tabela 1. Objetivos ambientais definidos para o poluente NO₂ no Decreto-Lei n.º 102/2010

Poluente	Objetivo	Tipo de objetivo ambiental e Ano de entrada em vigor	Período de referência das avaliações	Unidades do objetivo ambiental	Valores numéricos do objetivo ambiental (número de excedências autorizadas)
NO ₂	Proteção da Saúde Humana	Valor Limite (VL) 2010	Uma hora (VLH)	Horas de excedência num ano civil	200 µg/m ³ (18)
			Um ano civil (VLA)	Média anual	40 µg/m ³
		Limiar de Alerta (LA)	Uma hora	Três horas consecutivas em ultrapassagem (em locais representativos da qualidade do ar)	400 µg/m ³
	Regime de Avaliação	Limiar Superior de Avaliação (LSA)	Uma hora	Horas de excedência num ano civil	140 µg/m ³ (18)
					Limiar Inferior de Avaliação (LIA)
		Limiar Superior de Avaliação (LSA)	Um ano civil	Média anual	32 µg/m ³
					Limiar Inferior de Avaliação (LIA)

3.2 Partículas em suspensão (PM₁₀)

As partículas em suspensão (mistura de partículas no estado sólido ou líquido) constituem o poluente atmosférico que causa maiores danos à saúde humana na Europa. As partículas podem ser emitidas diretamente para a atmosfera (partículas primárias) ou ser formadas como resultado de reações químicas envolvendo gases e outras partículas presentes na atmosfera (partículas secundárias). Os principais gases precursores amónia (NH₃), SO₂ e NO_x reagem na atmosfera para formar amónia, sulfatos e nitratos. Estes compostos formam novas partículas no ar, ou condensam noutras pré-existentes, formando os designados aerossóis inorgânicos secundários.

No que diz respeito às principais fontes de emissão e efeitos das partículas, destacam-se os seguintes aspetos:

- As partículas em suspensão provêm das cinzas, da fuligem e de outras partículas produzidas principalmente pela combustão de carvão e fuelóleo em processos industriais, de outros processos de queima e de movimentações de terras;
- Resultam também da combustão em veículos rodoviários, bem como, do desgaste dos pneus e dos travões e da abrasão nas vias. Nas cidades, as emissões de escape constituem uma fonte local significativa, a que acresce a abrasão e a ressuspensão provocada pela passagem de veículos nas estradas (sendo esta última considerada uma fonte de partículas secundárias). Estima-se que as emissões da abrasão sejam equivalentes a cerca de 50% das emissões de escape de partículas (PM₁₀) primárias (EEA, 2014). Os veículos a gasóleo emitem significativamente maior quantidade de partículas do que os a gasolina o que, aliado à grande quantidade de quilómetros percorridos (por exemplo por veículos transporte de mercadorias), os torna como uma importante fonte em ambientes urbanos;
- Também podem ocorrer fenómenos naturais de transporte de partículas a longa distância – eventos naturais. São exemplo disso as elevadas concentrações de partículas registadas em Portugal e que têm origem nos desertos do Norte de África;
- Algumas destas partículas, devido à sua reduzida dimensão, atingem zonas profundas do trato respiratório e passam para a corrente sanguínea. As partículas de menores dimensões afetam

a atividade respiratória, com especial incidência em população de risco como as crianças e idosos, e podem agravar o estado de saúde em pessoas que sofram de doenças do foro respiratório e cardiovascular;

- O seu impacto na saúde depende também da composição química. Entre os compostos encontrados nas partículas destacam-se metais pesados como o arsénio (As), o cádmio (Cd), o mercúrio (Hg) e o níquel (Ni).

Para as partículas PM₁₀ a legislação em vigor define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite diário (VLD) de 50 µg/m³, que não deve ser excedido mais do que 35 vezes no ano, e um valor limite anual (VLA) de 40 µg/m³, ambos de cumprimento obrigatório desde 2005. Na verificação da conformidade legal face a estes VL serão utilizados os indicadores 36º máximo diário e média anual, respetivamente.

Nas zonas urbanas as partículas PM₁₀ são essencialmente emitidas pelo tráfego rodoviário (por emissões diretas do escape dos veículos, desgaste dos pneus e dos travões e por ressuspensão), mas têm também origem em fontes industriais e naturais.

No que diz respeito à contribuição de partículas por fontes de origem natural, a legislação atual permite que as excedências que sejam unicamente imputáveis a estas fontes, não sejam consideradas para efeitos de cumprimento dos VL fixados. Em Portugal o acréscimo de partículas devido ao transporte atmosférico de poeiras provenientes de regiões áridas (como os desertos do norte de África) é significativo. Desde 2005, tem vindo a ser aplicada a nível nacional uma metodologia ibérica para identificar a contribuição diária destas fontes, sendo a mesma descontada antes de se avaliar o cumprimento de ambos os valores limite de PM₁₀.

A Tabela 2 sumariza os objetivos ambientais para a proteção da saúde humana definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010 para o poluente PM₁₀.

Tabela 2. Objetivos ambientais em matéria de qualidade do ar definidos para as partículas PM₁₀ no Decreto-Lei n.º 102/2010

Poluente	Objetivo	Tipo de objetivo ambiental e Ano de entrada em vigor	Período de referência das avaliações	Unidades do objetivo ambiental	Valores numéricos do objetivo ambiental (número de excedências permitidas)
PM ₁₀	Proteção da Saúde Humana	Valor Limite (VL) 2005	Um dia (VLD)	Dias de excedência num ano civil	50 µg/m ³ (35)
			Um ano civil (VLA)	Média anual	40 µg/m ³
	Regime de Avaliação	Limiar Superior de Avaliação (LSA) Limiar Inferior de Avaliação (LIA)	Um dia	Dias de excedência num ano civil	35 µg/m ³ (35)
					25 µg/m ³ (35)
			Um ano civil	Média anual	28 µg/m ³
					20 µg/m ³

3.3 Ozono (O₃)

O ozono (O₃) troposférico (ao nível do solo) é um poluente secundário, que não é diretamente emitido para a atmosfera, mas é formado a partir de reações químicas, na presença da luz solar e gases precursores naturais e antropogênicos, principalmente óxidos de azoto (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COV). Trata-se de uma molécula (formada por três átomos de oxigênio) muito reativa e com um forte poder oxidante. O O₃ troposférico é caracterizado por mecanismos complexos de formação baseados na foto-oxidação de COV na presença de NO_x, seguindo caminhos de formação não lineares: o NO_x está envolvido na formação de O₃, mas também na sua remoção por titulação (caso da reação de O₃ com NO para formar NO₂ e O₂). À escala continental, o CH₄ e CO também desempenham um papel na formação de O₃, que é intensificada no verão, resultando em episódios característicos de O₃.

Os grandes polos urbanos e industriais são os principais emissores de gases precursores. Estes são então transportados pelas massas de ar, à escala local/regional, para áreas suburbanas e rurais, que são impactadas por episódios de poluição de O₃ (embora nas grandes cidades os limites de O₃ também possam ser excedidos). Os episódios de elevadas concentrações de ozono na Península Ibérica podem estar associados à combinação de vários mecanismos:

- produção fotoquímica local/regional e transporte, ao nível da superfície, desde aglomerações costeiras até regiões interiores;
- transporte de O₃ a partir de camadas atmosféricas a maiores altitudes (1 500 a 3 000 m acima do nível do solo), com origem na recirculação de massas de ar de dias anteriores;
- transporte a longa distância de O₃ e dos seus precursores.

O O₃ é responsável por danos na saúde humana e nos ecossistemas:

- trata-se de um gás agressivo para as mucosas oculares e respiratórias. A ação do O₃ pode manifestar-se por irritações nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça e por problemas respiratórios, tais como dificuldade em respirar, dores no peito e tosse. No trato respiratório este poluente atinge as vias respiratórias profundas, afetando os brônquios e os alvéolos pulmonares. A presença deste poluente pode também provocar o agravamento de patologias respiratórias já existentes e reduzir a resistência a infeções respiratórias;
- tem um efeito nocivo sobre a vegetação, perturbando a atividade respiratória e fotossintética. Afeta o crescimento e o rendimento das culturas agrícolas;
- por se tratar de um oxidante forte, o O₃ afeta também materiais como a borracha, têxteis e pinturas.

O número e a variedade de objetivos ambientais definidos para este poluente refletem a sua complexidade. Os objetivos ambientais definidos para o O₃ no Decreto-Lei n.º 102/2010 encontram-se sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3. Objetivos ambientais em matéria de qualidade do ar definidos para o O₃ no Decreto-Lei n.º 102/2010

Poluente	Objetivo	Tipo de objetivo ambiental	Período de referência das avaliações	Unidades do objetivo ambiental	Valores numéricos do objetivo ambiental (número de excedências permitidas)
O ₃	Proteção da Saúde Humana	Valor Alvo (VA)	Um dia (máximo diário das médias móveis octo-horárias)	Dias em que o máximo da média diária de 8 horas ultrapassou o valor de referência, em média, ao longo de 3 anos	120 µg/m ³ (25)
		Objetivo a Longo Prazo (OLP)	Um dia (máximo diário das médias móveis octo-horárias)	Dias em que o máximo da média diária de 8 horas ultrapassou o OLP num ano civil	120 µg/m ³
		Limiar de Informação ao Público (LIInfo)	Uma hora	Horas de excedência num ano civil	180 µg/m ³
		Limiar de Alerta (LA)			240 µg/m ³

3.4 Meteorologia e qualidade do ar

A meteorologia exerce um papel preponderante ao nível do transporte e dispersão dos poluentes atmosféricos, influenciando a qualidade do ar de uma determinada região de forma muito significativa. Os eventos meteorológicos orientam a dispersão de poluentes, a sua deposição no solo, o transporte a longas distâncias, entre outros. Há anos meteorológicos que se traduzem numa melhor ou pior capacidade dispersiva da atmosfera, condicionando as concentrações de poluentes atmosféricos à superfície.

Em relação aos principais fatores meteorológicos que influenciam a qualidade do ar, destacam-se os seguintes:

- a velocidade do vento determina a produção de turbulência mecânica, sendo responsável pela dispersão local dos poluentes. A ausência de vento favorece a acumulação de poluentes e situações de vento moderado favorecem a sua dispersão. A ocorrência de vento forte pode provocar um efeito de penacho e poluição localizada na sua direção dominante;
- a estabilidade atmosférica determina os processos convectivos locais. É caracterizada pelo gradiente vertical de temperatura que limita a mistura vertical de poluentes, se existir uma inversão térmica em altitude. Em termos de poluição atmosférica, uma atmosfera mais estável (traduzindo-se na inibição dos movimentos verticais) conduzirá a um aumento da concentração dos poluentes atmosféricos junto à superfície. É habitual verificar que nos dias de ocorrência de episódios de poluição ocorrem, mais frequentemente, inversões térmicas a baixa altitude. A altura da camada de mistura traduz a altura limite da ocorrência de movimentos turbulentos mais vigorosos na atmosfera e, quanto mais baixa for, mais os poluentes se acumulam junto à superfície;
- a temperatura intervém na química dos poluentes e desempenha também um papel importante na sua dispersão vertical na atmosfera. No verão favorece a formação de ozono e no inverno, as diferenças de temperatura entre o dia e a noite, podem provocar inversões térmicas favorecendo a acumulação de poluentes. A ocorrência de radiação solar forte, associada a temperaturas elevadas, contribui para a formação de poluentes fotoquímicos como o ozono.

4 Avaliação e gestão da qualidade do ar na região Norte

4.1 Unidades funcionais de avaliação e gestão: zonas e aglomerações

A nível nacional estão estabelecidos os princípios e normas para avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente através de métodos e critérios comuns. A avaliação e gestão da qualidade do ar no território nacional é efetuada tendo em consideração as unidades funcionais de avaliação e gestão da qualidade do ar, delimitadas para este efeito, designadas por zonas e aglomerações. De acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 102/2010:

- entende-se por *zona* a área geográfica de características homogéneas, em termos de qualidade do ar, ocupação do solo e densidade populacional;
- entende-se por *aglomeração* uma zona que constitui uma conurbação caracterizada por um número de habitantes superior a 250 000, ou em que o número de habitantes se situe entre 50 000–250 000 e tenha uma densidade populacional superior a 500 habitantes/km². Uma aglomeração acaba por ser também ela própria uma zona, mas com critérios específicos (estando apenas relacionados com parâmetros estatísticos da população residente).

Para efeitos de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente em Portugal, a delimitação de zonas e aglomerações para cada poluente é efetuada pelas Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), em articulação com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

A delimitação de zonas e aglomerações foi inicialmente efetuada, a nível nacional, em 2001 (com recurso aos dados de população dos Censos de 1991). Na região Norte, procedeu-se a uma reavaliação, tendo resultado em alterações em vigor a partir de 2013, destacando-se a fusão de três aglomerações (Braga, Vale do Ave e Vale do Sousa) numa só (Entre Douro e Minho). A configuração atual encontra-se representada na Tabela 4 e Figura 1, sendo a região Norte constituída por:

- duas aglomerações: Porto Litoral e Entre Douro e Minho;
- duas zonas: Norte Litoral e Norte Interior;
- 86 concelhos e 2046 freguesias.

Os concelhos que integram as diferentes zonas e aglomerações encontram-se indicados na Tabela 5. A delimitação de zonas e aglomerações é efetuada ao nível da freguesia, havendo concelhos que integram diferentes zonas.

Tabela 4. Características das zonas e aglomerações da região Norte

Tipo	Designação	Área (km ²)	População (habitantes)*	Densidade populacional (habitantes/km ²)
Aglomeração	Porto Litoral	789	1 423 499	1 803
	Entre Douro e Minho	895	791 594	885
Zona	Norte Litoral	4 791	918 022	192
	Norte Interior	14 865	556 472	37
Total Geral		21 340	3 689 587	173

*Fonte: Censos 2011 (INE, 2011)
Dados apurados a partir de valores de população por freguesia

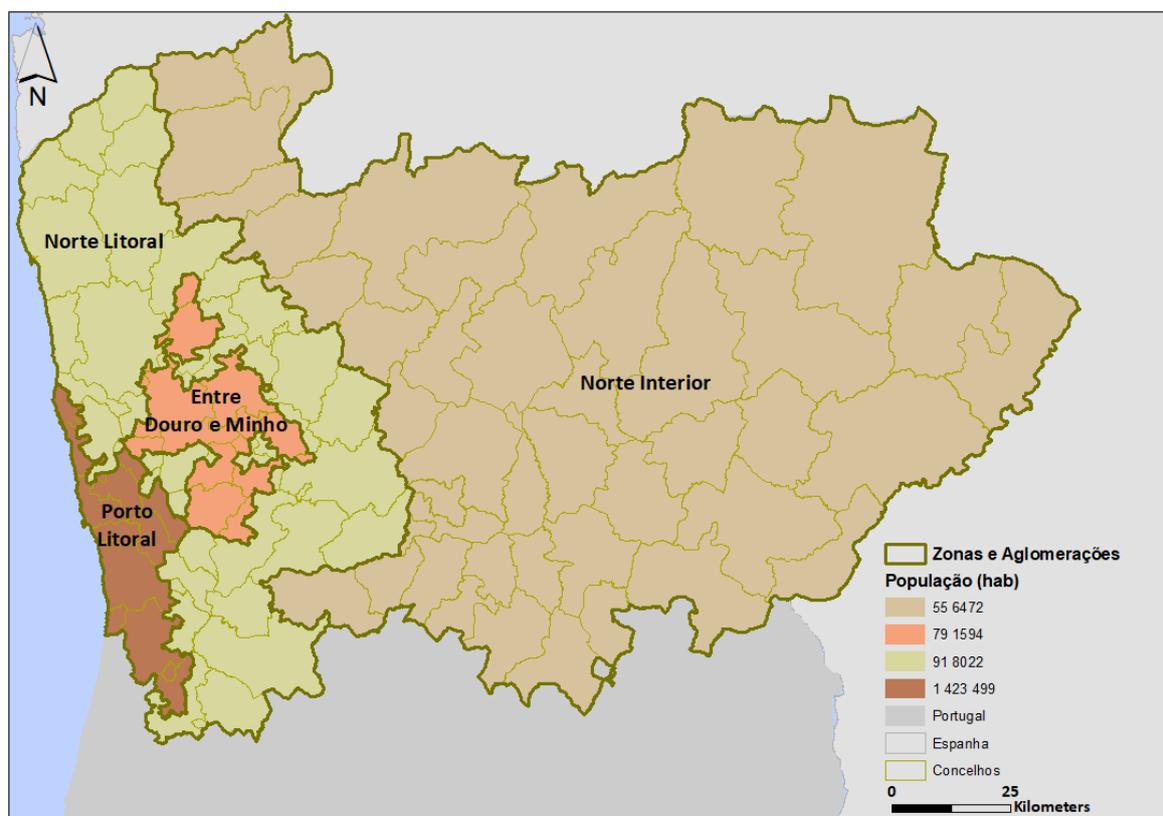


Figura 1. Delimitação das unidades de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente na região Norte

Tabela 5. Concelhos que integram as zonas e aglomerações da região Norte

Zona/Concelho	Área (km²)*	População (hab.)*	Zona/Concelho	Área (km²)*	População (hab.)*	Zona/Concelho	Área (km²)*	População (hab.)*
Porto Litoral	789	1 423 499	Norte Litoral	4 791	918 022	Norte Interior	14 865	556 472
ESPINHO	21	31 786	AMARANTE	295	51 603	ALFÂNDEGA DA FÉ	322	5 104
GONDOMAR	60	153 001	AMARES	82	18 889	ALIJÓ	298	11 942
MAIA	68	129 765	AROUCA	329	22 359	ARCOS VALDEVEZ	448	22 847
MATOSINHOS	62	175 478	BAIÃO	175	20 522	ARMAMAR	117	6 297
OLIV. DE AZEMÉIS	73	45 536	BARCELOS	367	114 887	BOTICAS	322	5 750
PORTO	41	237 591	BRAGA	82	20 331	BRAGANÇA	1 174	35 341
PÓVOA DE VARZIM	30	51 461	CAMINHA	136	16 684	CABECEL. BASTO	242	16 710
SANTA M. DA FEIRA	144	123 088	CASTELO DE PAIVA	115	16 733	CARRAZ. ANSIÃES	279	6 373
SÃO J. DA MADEIRA	8	21 713	CELOR. DE BASTO	181	20 098	CHAVES	591	41 243
TROFA	23	14 192	ESPOSENDE	95	34 254	CINFÃES	239	20 427
VALONGO	54	87 131	FAFE	219	50 633	FREIXO E. CINTA	244	3 780
VILA DO CONDE	44	53 256	FELGUEIRAS	49	13 594	LAMEGO	165	26 691
VILA NOVA DE GAIA	161	299 501	GONDOMAR	72	15 026	MAC. CAVALEIROS	699	15 776
			GUIMARÃES	103	22 756	MELGAÇO	238	9 213
Entre Douro e Minho	895	791 594	LOUSADA	33	9 501	MESÃO FRIO	27	4 433
AMARANTE	7	4 661	MAIA	15	5 541	MIRANDA DOURO	487	7 482
BARCELOS	12	5 504	M. DE CANAVESES	202	53 450	MIRANDELA	659	23 850
BRAGA	102	161 163	OLIV. DE AZEMÉIS	106	23 076	MOGADOURO	761	9 542
FELGUEIRAS	66	44 471	PA. DE FERREIRA	6	2 303	MOIMENTA BEIRA	217	10 111
GUIMARÃES	138	135 368	PAREDES	59	10 562	MONÇÃO	211	19 230
LOUSADA	63	37 886	PAR. DE COURA	138	9 198	MONDIM BASTO	172	7 493
PAÇOS DE FERREIRA	65	54 037	PENAFIEL	172	44 064	MONTALEGRE	805	10 537
PAREDES	98	76 292	PONTE DE LIMA	320	43 498	MURÇA	189	5 952
PENAFIEL	40	28 201	PÓV. DE LANHOSO	133	21 158	PENEDONO	134	2 952
SANTO TIRSO	73	58 453	PÓV. DE VARZIM	52	11 947	PESO DA RÉGUA	95	17 131
TROFA	29	21 612	S. M. DA FEIRA	72	16 224	PONTE DA BARCA	182	12 061
V. N. DE FAMILICÃO	150	120 796	SANTO TIRSO	64	13 077	PÓVOA LANHOSO	19	731
VILA VERDE	27	19 414	TROFA	20	3 195	RESENDE	123	11 364
VIZELA	25	23 736	VALE DE CAMBRA	147	22 864	RIBEIRA DE PENNA	217	6 544
			VALENÇA	117	14 127	SABROSA	157	6 361
			VALONGO	21	6 727	S. M. PENAGUIÃO	69	7 356
			VIANA CASTELO	319	88 725	S. J. DA PESQUEIRA	266	7 874
			VIEIRA DO MINHO	21	582	SERNANCELHE	229	5 671
			VILA DO CONDE	105	26 277	TABUAÇO	134	6 350
			V. N. DE CERVEIRA	108	9 253	TAROUCA	100	8 048
			V. N. FAMILICÃO	51	13 036	TERRAS DE BOURO	277	7 253
			V. N. DE GAIA	8	2 794	T. DE MONCORVO	532	8 572
			VILA VERDE	201	28 474	VALPAÇOS	549	16 882
						VIEIRA DO MINHO	218	12 417
						VILA FLOR	266	6 697
						V. N. DE FOZ CÔA	398	7 312
						V. P. DE AGUIAR	437	13 187
						VILA REAL	379	51 850
						VIMIOSO	482	4 669
						VINHAIS	695	9 066

*Área e população do concelho abrangidas por cada zona e aglomeração. Há concelhos que podem apresentar um conjunto de freguesias numa zona e outro conjunto de freguesias na zona adjacente. Dados de população residente apurados por freguesia (INE, 2011).

4.2 Verificação dos critérios de classificação de zonas e aglomerações

A delimitação das zonas pode variar ao longo do tempo devido à evolução e alteração das características populacionais e socioeconómicas de uma região, bem como, de alterações decorrentes da reorganização administrativa do território. Assim, as zonas e aglomerações devem ser reavaliadas de cinco em cinco anos, em função dos resultados da avaliação da qualidade do ar ambiente e de alterações dos critérios que determinaram a sua delimitação, nomeadamente os critérios de população (utilizados para a definição das aglomerações).

A Tabela 6 apresenta a evolução da população residente entre a data da primeira delimitação de zonas e aglomerações (2001), a data para a qual se dispõe de dados mais recentes desagregados ao nível da freguesia (2011) e o ano mais recente de dados desagregados por concelho (2018).

Verifica-se que, entre 2001 e 2011, houve um aumento de população em ambas as aglomerações, sendo mais significativo na de Entre Douro e Minho (4%). No entanto, de 2011 a 2018 regista-se uma tendência de decréscimo de população em toda a região Norte. A perda de população é mais significativa na zona Norte Interior, contabilizando-se um decréscimo de 15%, entre 2001 e 2018. A população em 2018 fica assim em níveis abaixo dos de 2001 em todas as zonas, exceto em Entre Douro e Minho.

Tabela 6. Evolução da população² nas zonas e aglomerações da região Norte

Zona	2001	2011	2018	Tendência	$\Delta 2011-2001$	$\Delta 2018-2001$
Porto Litoral	1 398 740	1 423 723	1 393 279		1.8%	-0.4%
Entre Douro e Minho	762 926	792 683	779 129		3.9%	2.1%
Norte Litoral	923 550	918 411	886 723		-0.6%	-4.0%
Norte Interior	602 842	555 613	515 280		-7.8%	-14.5%
Total Geral	3 688 058	3 690 429	3 574 411		0.1%	-3.1%

Fonte: PORDATA, 2019

² Dados de população residente desagregados ao nível do município. Fonte: PORDATA, 2019, Acedido em Junho de 2020, Disponível em: <https://www.pordata.pt/DB/Municipios/Ambiente+de+Consulta/Tabela>. Nota: os dados apurados para 2011 podem diferir ligeiramente dos indicados anteriormente, obtidos pela soma da população de freguesias.

4.2.1 Aglomerações

De modo a verificar os critérios de delimitação das aglomerações face aos dados de população, foram tidos em conta os dados de população por freguesia, o mais atualizados possível, apurados nos Censos de 2011, pelo Instituto Nacional de Estatística. Tal como referido anteriormente, a delimitação de zonas e aglomerações é efetuada ao nível da freguesia, havendo concelhos que integram diferentes zonas. De acordo com a Tabela 6 a aglomeração com maior ganho de população é a de Entre Douro e Minho.

A Figura 2 representa a densidade populacional (em 2011) ao nível da freguesia, na região Norte. As Figura 3 e Figura 4 representam a mesma densidade populacional mas com enfoque nas aglomerações do Porto Litoral e de Entre Douro e Minho, respetivamente.

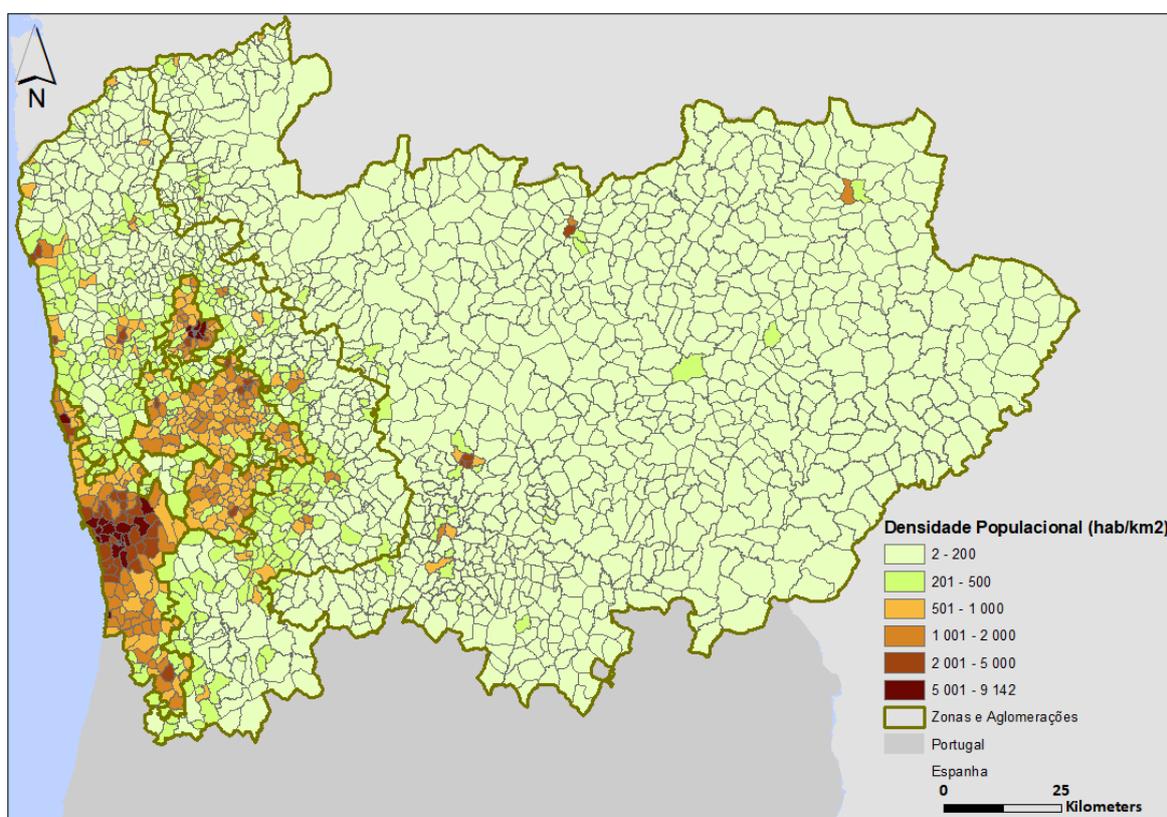


Figura 2. Densidade populacional ao nível da freguesia (em 2011) e representação das zonas e aglomerações para a avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente na região Norte

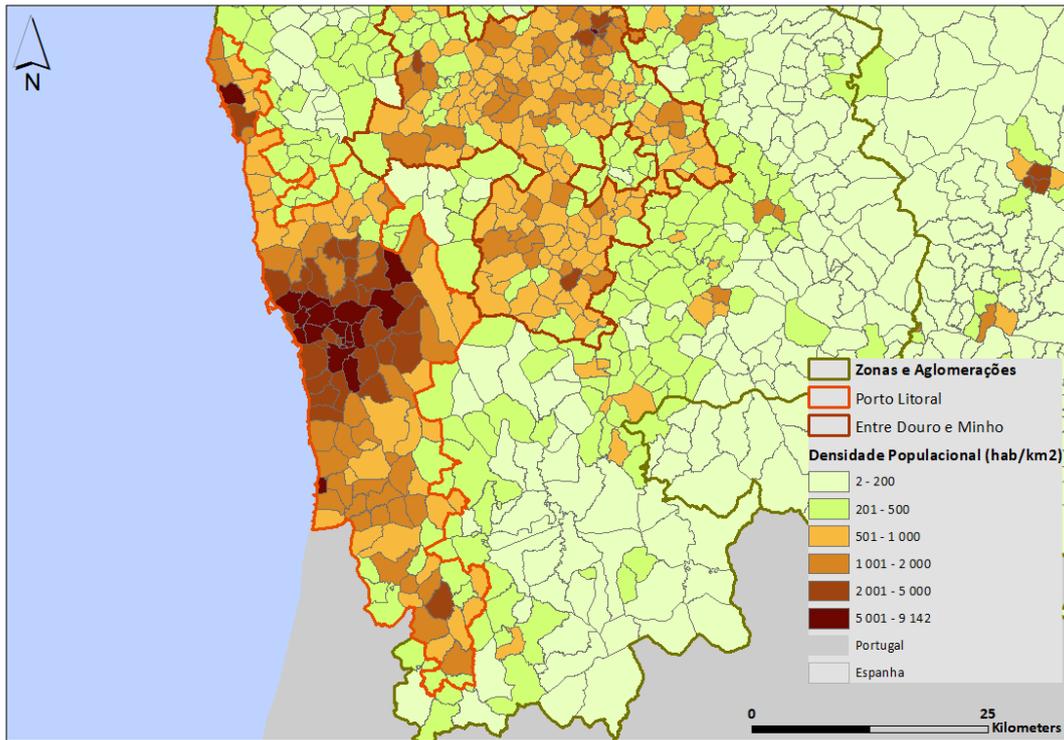


Figura 3. Densidade populacional ao nível da freguesia (em 2011) na aglomeração de Porto Litoral

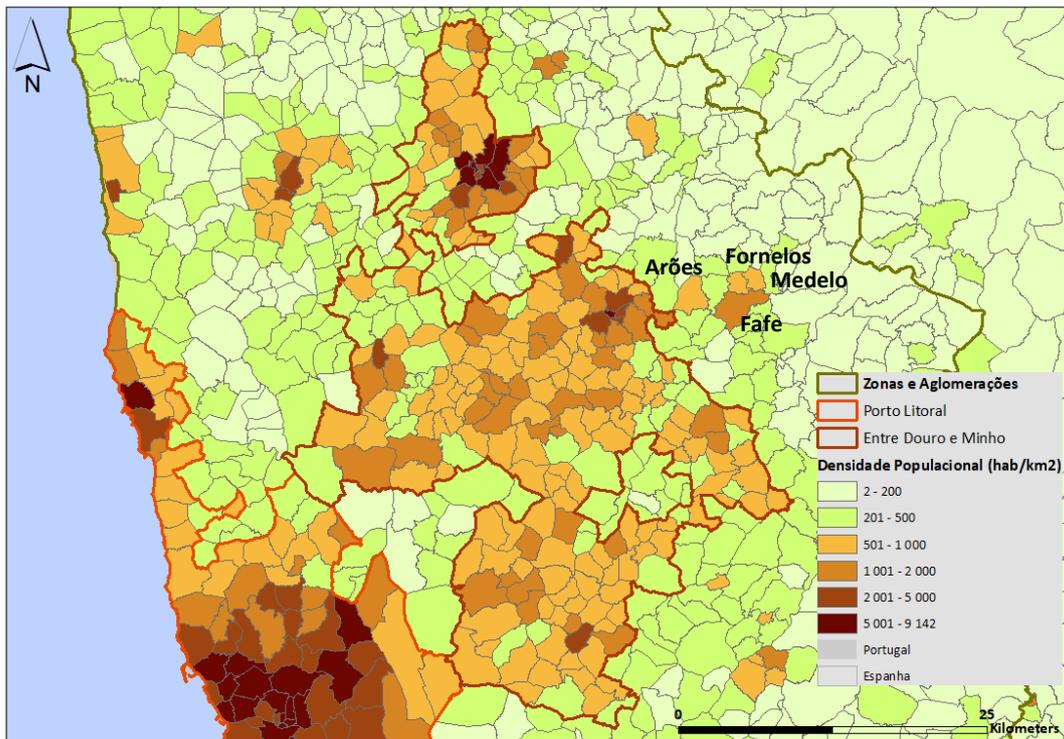


Figura 4. Densidade populacional ao nível da freguesia (em 2011) na aglomeração de Entre Douro e Minho

A análise das figuras anteriores permite verificar que:

- no Porto Litoral (Figura 3):
 - esta aglomeração cumpre o critério de população residente acima dos 250 000 habitantes;
 - não há sugestão de aumentos de densidade populacional em freguesias contíguas à aglomeração, validando-se a sua delimitação pré-existente;
 - nesta aglomeração existem 15 freguesias com densidade populacional inferior a 500 hab/km², de um total de 135 freguesias (representando 11%);
- em Entre Douro e Minho (Figura 4):
 - esta aglomeração cumpre o critério de população residente acima dos 250 000 habitantes;
 - verifica-se a existência de quatro freguesias, contíguas ao limite da aglomeração, com densidade populacional acima dos 500 hab/km², nomeadamente Arões (São Romão), Fornelos, Medelo e Fafe (tendo esta última uma significativa densidade populacional de 1 970 hab/km²). Estes casos podem ficar à consideração de inserção na aglomeração, no âmbito de revisões futuras da delimitação das mesmas;
 - nesta aglomeração, na sua delimitação atual, existem 47 freguesias com densidade populacional inferior a 500 hab/km², de um total de 243 freguesias (representando 19%). Destas, parte está localizada no interior da aglomeração e outra parte constitui o limite da mesma. No trabalho de definição inicial das aglomerações (em 2001) optou-se por uma certa flexibilidade na aplicação dos critérios de população, nomeadamente a inclusão de algumas freguesias que, apesar de não terem 500 hab/km², se previa um crescimento a curto-médio prazo, e de outras que se encontrassem situadas dentro da aglomeração, ou correspondessem uma unidade territorial em termos de características socioeconómicas e de concentrações de poluentes atmosféricos.

Posteriormente a 2011, têm vindo a ocorrer alterações da configuração territorial, decorrentes da reorganização administrativa do território das freguesias³. Assim, na configuração de 2019 (representada na Figura 5), há a registar casos de conjuntos de freguesias que foram agregados numa freguesia única, de maior dimensão, mas para os quais não foi possível obter dados de população. Estas uniões de freguesias, nos casos limítrofes das aglomerações, podem potencialmente alterar a sua delimitação. Este aspeto não será abordado em detalhe no âmbito do presente trabalho, destacando-se apenas os potenciais casos na Figura 5, onde se assinalam a amarelo as ‘Uniões de Freguesias’ em vigor em 2019.

³ Com a publicação da Lei nº 11-A/2013, de 28 de Janeiro, ocorreram alterações nos limites administrativos de freguesias/municípios/distritos do Continente, decorrentes da Reorganização Administrativa Territorial Autárquica.

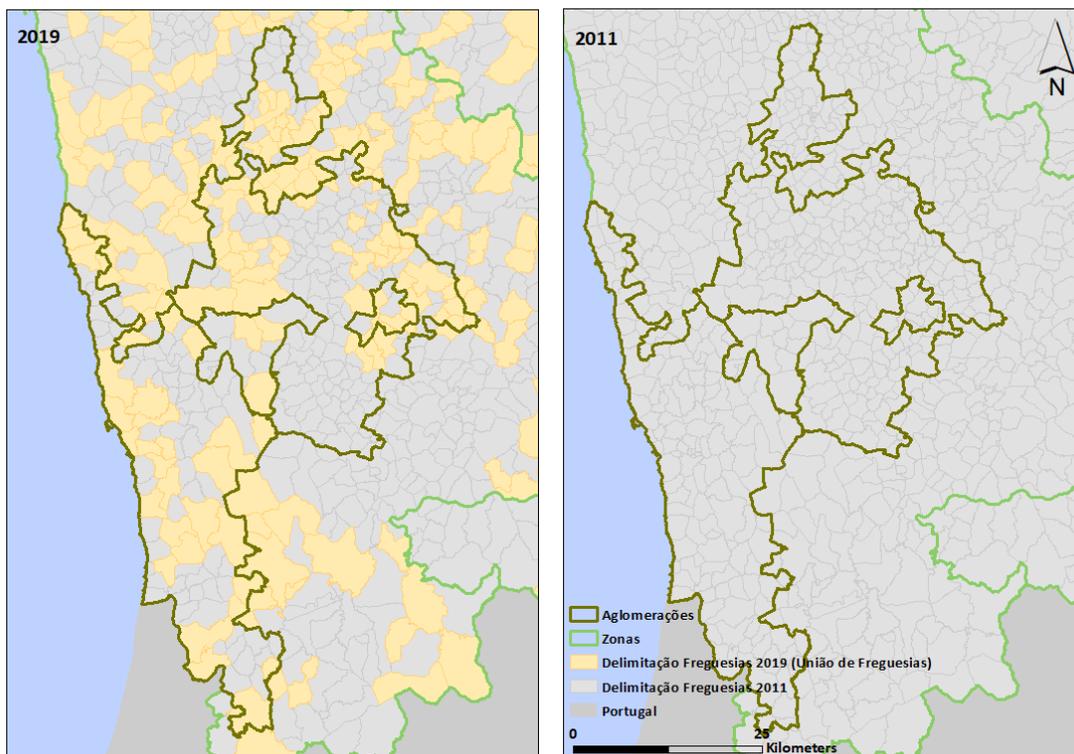


Figura 5. Alterações da configuração territorial decorrentes da reorganização de freguesias (Freguesias em 2011 e Uniões de freguesias em 2019). Fonte: DGT, 2019 (Carta Administrativa Oficial de Portugal - Versão 2019)



Destaques: De acordo com o Artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 102/2010, para efeitos de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, as zonas e aglomerações, para cada poluente são delimitadas pelas CCDR, em articulação com a APA. A sua delimitação deve ser revista de cinco em cinco anos, em função dos resultados da avaliação da qualidade do ar ambiente e de alterações dos critérios que determinaram. Da análise efetuada verifica-se que:

- ▶ A população residente nas aglomerações aumentou de 2001 para 2011, após o que se regista um declínio até 2018, quer em consequência de movimentos naturais quer de movimentos migratórios negativos;
- ▶ Ambas as aglomerações do Porto Litoral e Entre Douro e Minho cumprem os critérios definidos para delimitação de aglomerações;
- ▶ Surgiram quatro freguesias contíguas ao limite da aglomeração de Entre Douro e Minho, com densidade populacional acima dos 500 hab/km², podendo estes casos ficar à consideração de inserção na aglomeração, no âmbito de revisões futuras da delimitação das mesmas;
- ▶ Decorrente da reorganização administrativa do território ao nível da freguesia, posterior a 2011, têm ocorrido ‘uniões de freguesias’ que, nos casos limítrofes das aglomerações, podem potencialmente alterar a sua delimitação, situação esta que deverá ser avaliada a nível nacional.

4.2.2 Zonas

Em relação às zonas, estas são definidas, segundo a legislação comunitária, como *‘uma parte do território de um Estado-Membro, delimitada por este’* e na legislação nacional como *‘áreas geográficas 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’*.

Na delimitação de zonas efetuada originalmente, em 2001, a interpretação subjacente a esta definição foi o pressuposto da existência de elementos identificadores que delimitam a superfície de cada zona e que a distinguem das zonas contíguas. Estes elementos são traduzíveis por áreas do território com características semelhantes, seja no que concerne à qualidade do ar, seja no que diz respeito a uma série de fatores que a influenciam diretamente, tais como, a orografia, a meteorologia, o uso do solo ou a presença de fontes poluentes.

No que diz respeito às características socioeconómicas da região Norte foi efetuado um trabalho exaustivo de recolha de dados relativos ao enquadramento económico e especialização produtiva, em 2011, por parte da CCDR-N (CCDRN-DMVA/CAPER, 2011). O tecido industrial, assim caracterizado, bem como, as atividades de construção, o comércio e serviços acabam por ser sectores de atividade que contribuem com fontes de emissão de poluentes.

Deste modo, e após a verificação da delimitação das aglomerações, procede-se à verificação das características do restante território da região Norte, de modo a validar a delimitação das zonas Norte Litoral e Norte Interior. São tidas em consideração as características de qualidade do ar, densidade populacional, uso de solo, orografia e clima – sendo que para umas podem existir alterações mas, para as últimas, tal não é expectável, tendo essas características um peso significativo na definição das zonas.

Da Figura 6 à Figura 12 representam-se as características territoriais e de qualidade do ar na região Norte. A região Norte oferece um panorama de grande diversidade física, climática, socioeconómica, de padrões de povoamento e de cultura.

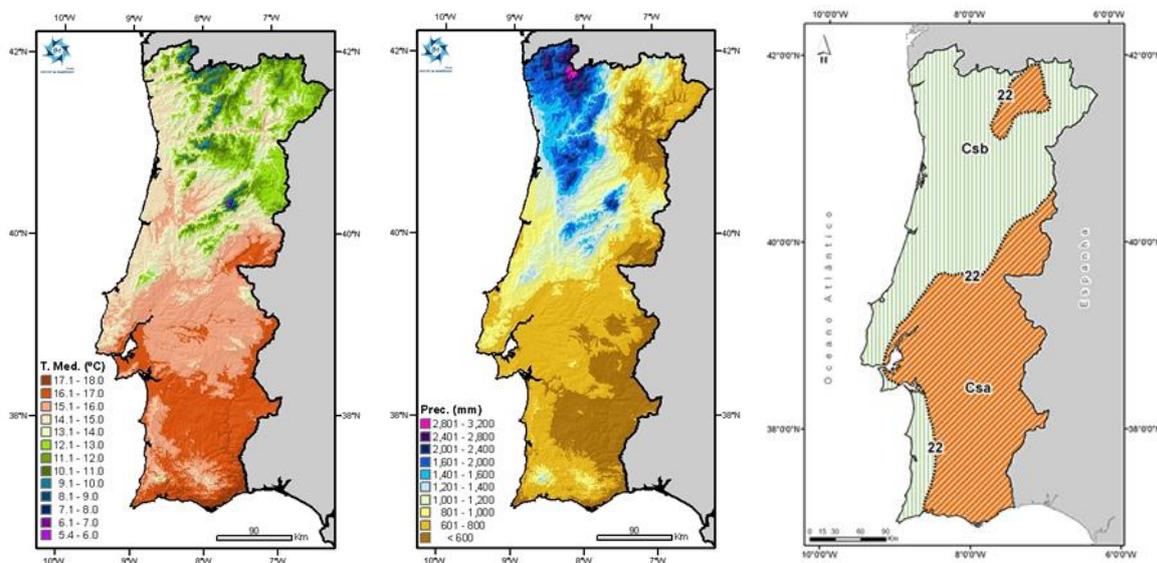
No que diz respeito à climatologia (Figura 6), esta distingue-se entre a região Norte Litoral e Norte Interior, de acordo com as seguintes características:

- Norte Litoral: clima mediterrânico com influência marítima (amplitudes térmicas anuais baixas, verões frescos e invernos amenos, maioria dos meses são húmidos, precipitação elevada ao longo de todo o ano);
- Norte Interior: clima mediterrânico com influência continental (maior amplitude térmica anual do país, invernos rigorosos, com precipitação por vezes em forma de neve, verões quentes e secos, existência de meses secos no verão, precipitação fraca ao longo do ano);

Na Figura 6 é possível verificar as diferenças de temperatura média (IPMA, 2020a) e precipitação acumulada (IPMA, 2020b) entre estas duas zonas, de acordo com a normal climatológica de 1961/90.

O clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Koppen, divide-se em duas regiões: uma de clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (Csb). A região Norte Interior distingue-se da região Norte Litoral também nesta classificação climática (Figura 6, IPMA, 2020c).

A altimetria da região Norte, representada na Figura 7, também acentua as diferenças entre a zona Norte Litoral (com altitudes mais reduzidas) e a Norte Interior (mais acidentada).



Fonte: IPMA, 2020⁴

Figura 6. Mapas de temperatura média anual (esq.), precipitação acumulada anual (centro), clima de Portugal Continental segundo a classificação de Köppen (dir.)

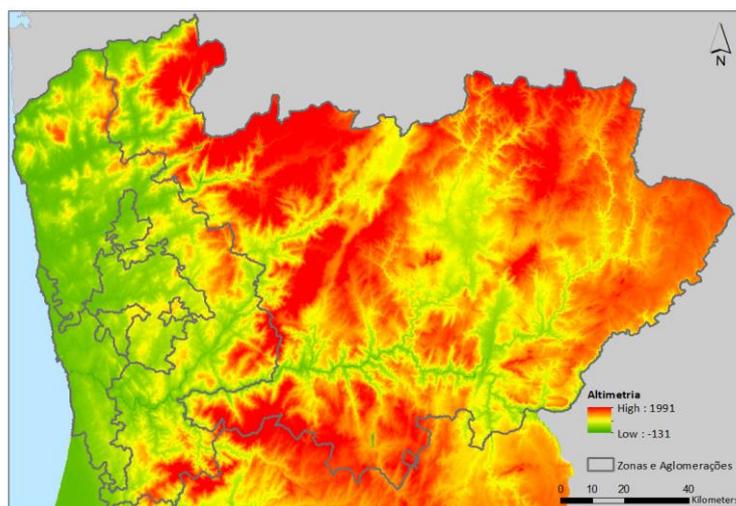


Figura 7. Altimetria na região Norte

⁴ <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>

A população, ocupação do solo e o tipo de coberto vegetal encontram-se representados da Figura 8 à Figura 11. O padrão territorial observado revela:

- um espaço regional marcado por um contraste entre o litoral e o interior: a um litoral denso, urbanizado e industrial contrapõe-se um interior ameaçado pelo despovoamento, de matriz rural, com raros centros urbanos de alguma dimensão (PROT – CCDR-N, 2009) (Figura 10, Figura 11);
- um modelo de industrialização dispersa, frequentemente rural, e de urbanização difusa prevalecente no litoral que não fez, em geral, emergir aglomerações urbanas com suficiente capacidade de polarização, enquanto que, no interior, o desenvolvimento das cidades, apesar da crescente concentração urbana, foi limitado pelas dinâmicas regressivas da população e pelos processos de despovoamento verificados nas áreas envolventes (PROT – CCDR-N, 2009);
- uma maior concentração de população em municípios do litoral, em especial na área metropolitana, por oposição aos municípios do interior que registam menores valores de densidade populacional, em consequência do processo de despovoamento que se tem verificado nestes territórios (Figura 8);
- uma grande bolsa de população flutuante, na sub-região do Grande Porto, com interação com diversas NUTS III vizinhas, essencialmente da zona Norte Litoral: Minho-Lima, Cávado, Ave e Tâmega (Figura 9);
- uma taxa de crescimento populacional anual negativa, registada a partir de 2011, em consequência de movimentos naturais e migratórios negativos. A componente migratória, negativa, foi-o de forma significativamente evidente na região Norte (INE, 2017).

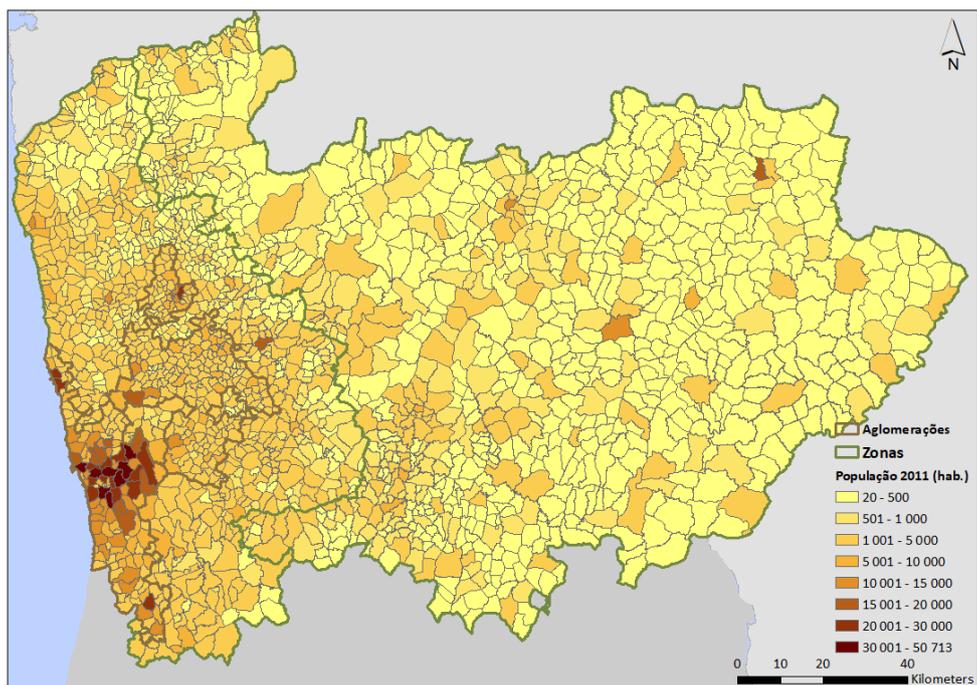


Figura 8. População por freguesia da região Norte (Censos 2011, INE)

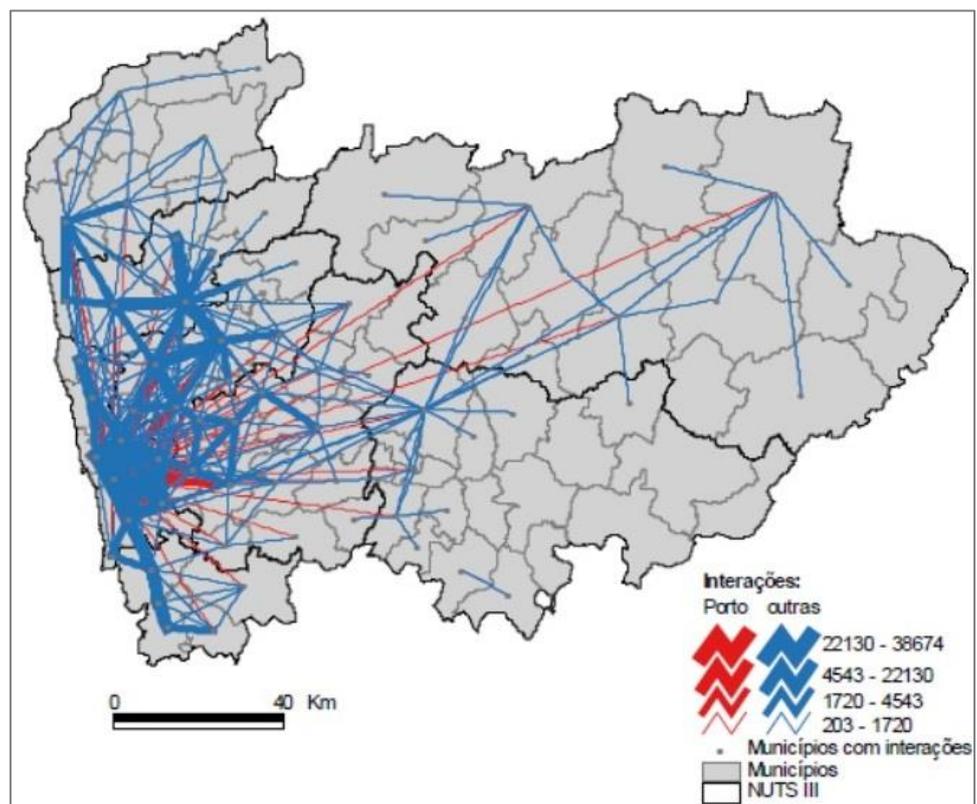
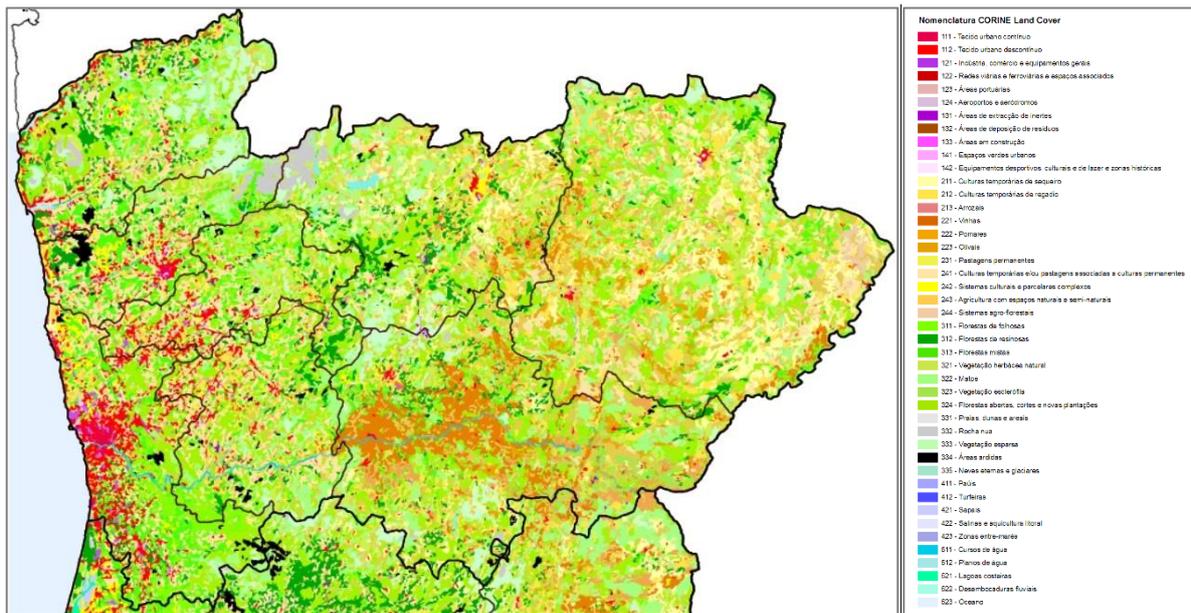
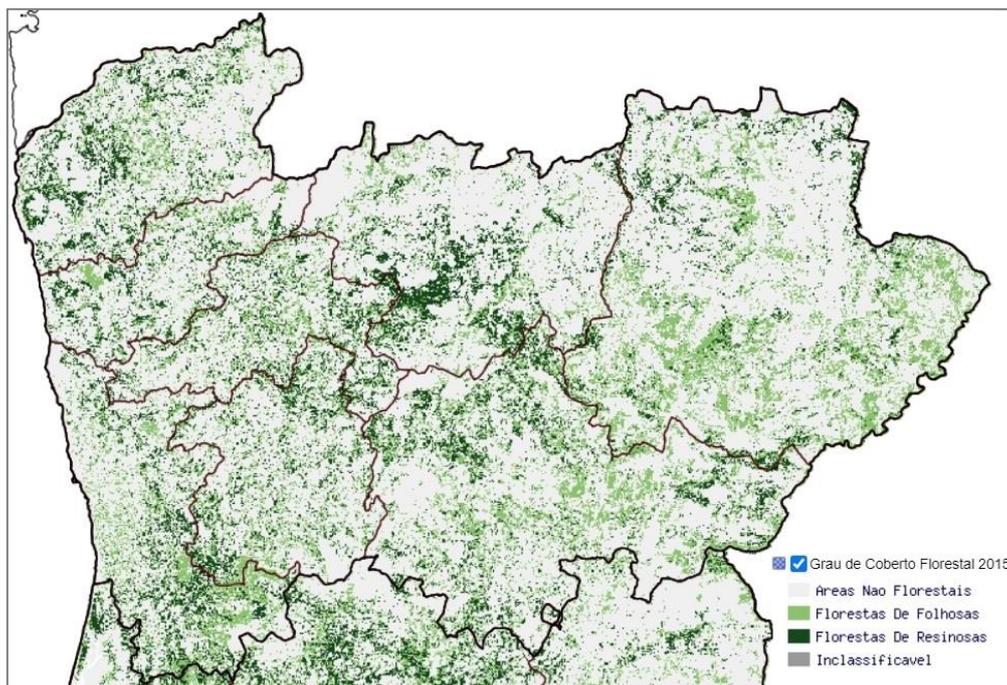


Figura 9. Movimentos pendulares na região Norte (interações regionais com fluxos de 200 ou mais pessoas) (Censos 2011, INE)



Fonte: DGT, 2019a⁵

Figura 10. Ocupação do solo na região Norte (Corine Land Cover 2006) (DGT, 2019)



Fonte: DGT, 2019b⁶

Figura 11. Grau de coberto vegetal na região Norte (DGT, 2019)

⁵ <http://mapas.dgterritorio.pt/>

⁶ <http://mapas.dgterritorio.pt/>

Por fim, na Figura 12, apresentam-se as concentrações médias de fundo de NO₂, PM₁₀ e O₃ na região Norte, por zona, entre 2012 e 2018. Nas aglomerações Porto Litoral e Entre Douro e Minho consideraram-se apenas as médias das estações urbanas e suburbanas de fundo. Nas zonas as estações são do tipo rural de fundo.

A maior diferença observada entre as estações das zonas Norte Litoral e Norte Interior diz respeito às concentrações de ozono, mais elevadas na zona Norte Interior. As estações desta tipologia (rural de fundo) são fundamentais na monitorização deste poluente, na avaliação da exposição das culturas e dos ecossistemas naturais a concentrações de ozono à escala regional, bem como da exposição da população, proporcionando dados essenciais no contexto dos processos meteorológicos e fotoquímicos que afetam as concentrações de ozono medidas nestes locais.

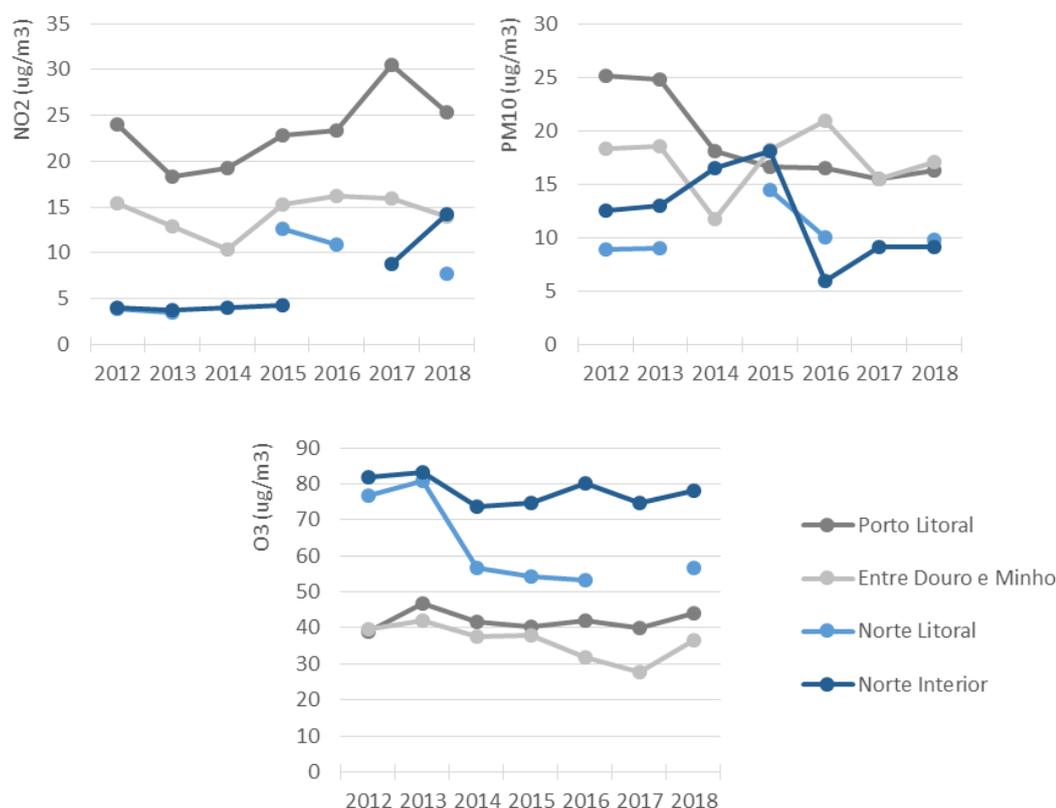


Figura 12. Concentração média anual de fundo de NO₂, PM₁₀ e O₃ na região Norte, por zona



Destaques: De acordo com o Artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 102/2010, para efeitos de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, as zonas e aglomerações, para cada poluente são delimitadas pelas CCDR, em articulação com a APA. A sua delimitação deve ser revista de cinco em cinco anos, em função dos resultados da avaliação da qualidade do ar ambiente e de alterações dos critérios que determinaram. Da análise efetuada verifica-se que:

- ▶ atendendo à diversidade física, climática, socioeconómica, de padrões de povoamento e de ocupação do solo, e da qualidade do ar, continua a fazer sentido a existência das zonas Norte Litoral e Norte Interior, recomendando-se a manutenção da sua delimitação atual.

4.3 Rede de monitorização da qualidade do ar da região Norte

De acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010 compete às Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), na área da respetiva competência territorial, a manutenção e gestão das redes de qualidade do ar (RMQA).

A rede de monitorização da qualidade do ar da região Norte, em 2019, era constituída por 21 estações de monitorização. Na Tabela 7 apresentam-se as características das estações de monitorização e na Figura 13 a sua localização. Nas estações de monitorização são medidos os poluentes NO, NO₂, NO_x, partículas PM₁₀ e PM_{2,5}, O₃, CO, SO₂ e C₆H₆, para os quais a regulamentação comunitária e nacional define níveis de concentração que não devem ser ultrapassados.

As estações da RMQA da CCDR-N, instaladas em diferentes tipos de ambientes envolventes - rurais, suburbanos e urbanos - apresentam tipologias distintas, dependendo das emissões dos poluentes dominantes nas zonas onde se encontram instaladas, sendo classificadas como estações de tráfego, de fundo e industriais, representando, assim, diferentes tipos de exposição da população à poluição atmosférica. Os vários tipos de estações apresentam as seguintes características:

- estações de tráfego:
 - situadas na proximidade de vias de tráfego intenso, permitem avaliar o risco máximo de exposição da população às emissões com origem no transporte rodoviário;
 - tipo de exposição: de curta duração, mas os níveis de poluição observados são normalmente elevados;
- estações industriais:
 - situadas na proximidade de zonas industriais ou em zonas sob a influência das suas emissões;
 - tipo de exposição: permitem conhecer as concentrações máximas de certos poluentes de origem industrial, aos quais a população pode estar pontualmente exposta;
- estações urbanas/suburbanas de fundo:
 - não se encontram sob a influência direta de vias de tráfego ou de outras fontes próximas de poluição;
 - tipo de exposição: permitem avaliar a qualidade do ar ambiente à qual a maioria da população está exposta e são representativas de uma vasta área na sua envolvente;
- estações rurais de fundo:
 - encontram-se afastadas de qualquer atividade poluidora importante e de zonas densamente habitadas. As concentrações dos poluentes, registadas nestas estações, devem-se ao transporte à escala regional e a longa distância. São também locais fundamentais para a monitorização de poluentes com origem natural (ex: poeiras do Norte de África) e decorrentes de incêndios florestais;
 - tipo de exposição: permitem avaliar a exposição da população e dos ecossistemas à poluição atmosférica de fundo, nomeadamente a poluentes secundários como o O₃.

Relativamente às técnicas de medição fixa obrigatória e indicativa, indicadas na Tabela 7 por poluente, o Decreto-Lei 102/2010 define-as da seguinte forma:

- medição fixa: medição efetuada 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 relevantes;
- medição indicativa: medição que respeita objetivos de qualidade dos dados menos rigorosos do que os definidos para as medições fixas.

No que diz respeito aos critérios mínimos de recolha de dados para medições fixas e indicativas estes são:

- medições fixas em contínuo (para a maioria dos poluentes): a recolha de dados anual deve cobrir um mínimo de 90% do ano;
- medições indicativas: o período mínimo de referência de recolha anual de dados deve ser de 14%, distribuído ao longo do ano.

Tabela 7. Constituição da rede de estações de monitorização da qualidade do ar gerida pela CCDR-N (em 2019)

Zona	Estação		Tipo de estação		Poluentes medidos						
	Nome	Abreviatura	Influência dominante	Ambiente envolvente	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	SO ₂	CO	C ₆ H ₆
Porto Litoral	Anta-Espinho	AES	Fundo	Suburbana	✓ind	✓fix	*	✓fix	*	*	*
	Avintes	AVI	Fundo	Urbana	✓ind	✓ind	*	✓fix	*	*	*
	Custóias-Matosinhos	CUS	Fundo	Suburbana	✓ind	✓ind	*	✓fix	*	*	*
	D.Manuel II-Vermoim	VER	Tráfego	Urbana	✓fix	✓fix	✓fix		*	*	*
	Ermesinde-Valongo	ERM	Fundo	Urbana	✓fix	✓ind	*	✓fix	*	*	*
	Francisco Sá Carneiro-Campanha	ANT	Tráfego	Urbana	✓fix	✓fix	*	*	*	✓ind	*
	João Gomes Laranjo-S.Hora	HOR	Tráfego	Urbana	✓fix	✓fix	*	*	*	✓ind	*
	Leça do Balio-Matosinhos	LEC	Fundo	Suburbana	*	✓ind	*	✓fix	*	*	*
	Meco-Perafita	PER	Industrial	Suburbana	*	✓fix	*	✓fix	✓fix	*	✓fix
	Mindelo-Vila do Conde	MVCO	Fundo	Suburbana	✓ind	✓ind	*	✓fix	*	*	*
	Seara-Matosinhos	SEA	Industrial	Urbana	*	✓ind	*	*	✓fix	*	✓fix
	Sobreiras-Lordelo do Ouro	SOB	Fundo	Urbana	✓ind	✓fix	✓fix	✓fix	*	*	*
	VNTelha-Maia	VNT	Fundo	Suburbana	✓ind	✓ind	*	✓fix	*	*	*
Entre Douro e Minho	Burgães-Santo Tirso	BSTI	Fundo	Urbana	✓fix	✓fix	*	✓fix	*	*	*
	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém	GMR	Tráfego	Urbana	✓fix	✓fix	*	*	*	*	✓fix
	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	CRCL	Tráfego	Urbana	✓fix	✓fix	*	*	*	*	*
	Frossos-Braga	HORT	Fundo	Suburbana	✓ind	✓fix	*	✓fix	*	*	*
	Paços de Ferreira	LACT	Fundo	Urbana	✓ind	✓fix	✓fix	✓fix	*	*	*
	Pe Moreira Neves-Castelões de Cepeda	PRD	Tráfego	Urbana	✓fix	✓fix	*	*	*	*	*
Norte Litoral	Minho-Lima	MNH	Fundo	Rural	✓ind	✓ind	✓fix	✓fix	*	*	*
Norte Interior	Douro Norte	OLO	Fundo	Rural	✓ind	✓ind	✓fix	✓fix	✓ind	*	*

✓fix: poluente medido com regime de monitorização fixa
 ✓ind: poluente medido com regime de monitorização indicativa
 *: poluente não medido

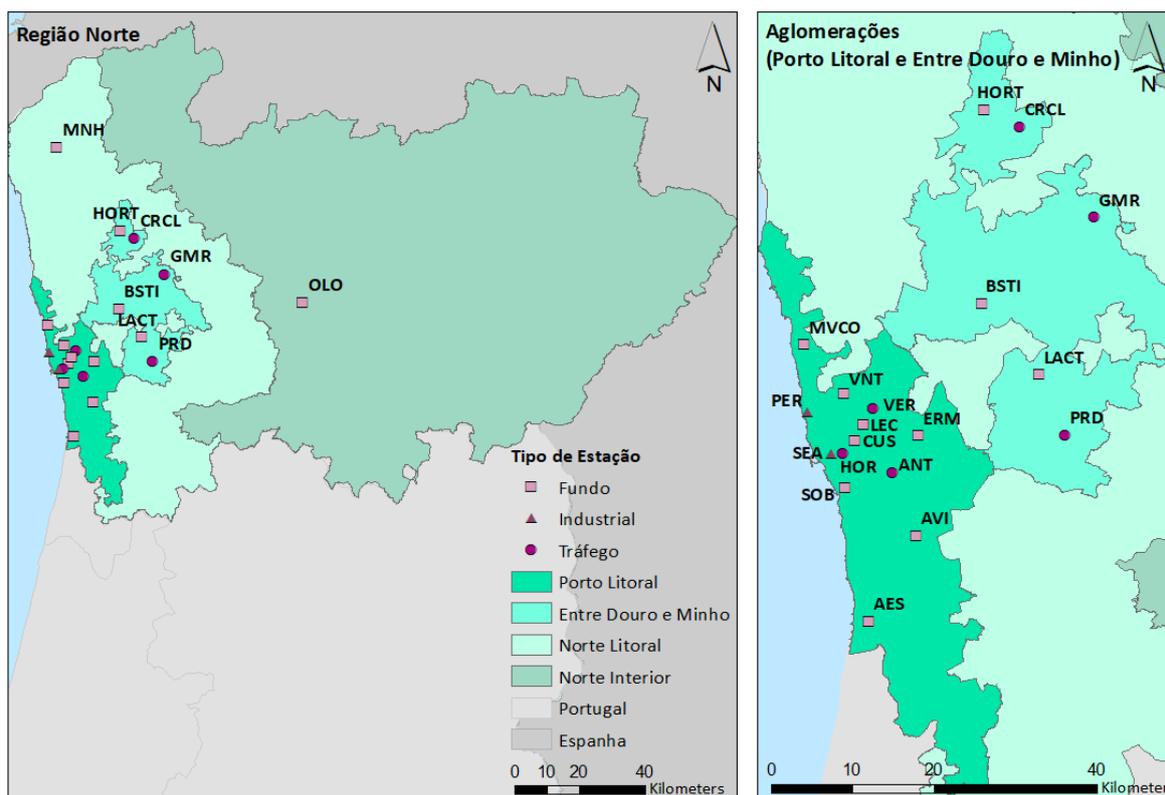


Figura 13. Representação da rede de estações de monitorização da qualidade do ar da CCDR-N

A composição da rede de monitorização da CCDR Norte em 2019 está indicada, de modo mais agregado, na Tabela 8. Atualmente a composição da rede de monitorização da CCDR-N é equilibrada, quer na proporção de estações de Tráfego e Industriais face às de Fundo, quer na proporção de estações do tipo Urbano e Suburbano, de acordo com as recomendações legais.

Nas zonas que não são aglomerações existem estações rurais de fundo, em concordância com o objetivo de se pretender monitorizar a exposição da população e dos ecossistemas à poluição atmosférica de fundo, designadamente a fotoquímica à escala regional.

A distribuição do número de analisadores por zonas e aglomerações depende de critérios de população e dos níveis médios de poluentes habitualmente registados, definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010. A verificação destes critérios é apresentada na subsecção 4.5.

Tabela 8. Composição da rede de monitorização da CCDR-N por tipo de ambiente envolvente e por fonte de emissão dominante

Zona	Tipo de Ambiente	Tipo de Influência Dominante		
		Tráfego	Industrial	Fundo
Porto Litoral	Urbana	3	1	3
	Suburbana	-	1	5
Entre Douro e Minho	Urbana	3	-	2
	Suburbana	-	-	1
Norte Litoral	Rural	-	-	1
Norte Interior	Rural	-	-	1
Total		6	2	13

4.4 Regime de avaliação da qualidade do ar em zonas e aglomerações

A avaliação da qualidade do ar através das redes de monitorização de cada região obedece a um conjunto de requisitos e de critérios, definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010. Assim, nas zonas e aglomerações em que os objetivos a longo prazo para o ozono ou os limiares de avaliação para outros poluentes sejam excedidos são obrigatórias medições fixas. A informação proveniente das medições fixas poderá ser complementada por técnicas de modelação e/ou medições indicativas. A utilização de técnicas de avaliação complementares poderá igualmente permitir a redução do número mínimo de pontos de amostragem fixos.

Os limiares de avaliação correspondem a níveis, inferiores ao valor limite, criados para auxiliar a definição da estratégia de avaliação para cada zona. Estes encontram-se representados na Figura 14, sendo efetuada a seguinte correspondência entre concentrações e a respetiva estratégia de avaliação:

- níveis abaixo do Limiar Inferior de Avaliação (LIA) – a avaliação pode ser efetuada apenas através de técnicas de modelação ou de estimativa objetiva;
- níveis entre o LIA e o Limiar Superior de Avaliação (LSA) – avaliação pode ser efetuada com recurso a uma combinação de medições fixas e de técnicas de modelação e/ou medições indicativas;
- níveis superiores ao LSA – as medições fixas são obrigatórias e poderão ser complementadas com outras técnicas de avaliação como a modelação e/ou medições indicativas, a fim de fornecer informações adequadas sobre a distribuição espacial das concentrações de poluentes.

A excedência aos limiares de avaliação deverá ser determinada a partir das concentrações dos cinco anos anteriores, caso se encontrem disponíveis dados suficientes. Considera-se que um limiar de avaliação foi superado se tiver sido excedido em, pelo menos, três dos cinco anos precedentes. No caso do ozono, é obrigatório efetuar medições fixas contínuas nas zonas e aglomerações em que se tenha excedido o objetivo a longo prazo nos cinco anos de medições anteriores.



Figura 14. Representação do regime de avaliação da qualidade do ar em função das concentrações de poluentes atmosféricos

De referir que nas aglomerações, independentemente das concentrações, a medição em contínuo é obrigatória pelo menos num local e deve ser complementada com técnicas de avaliação suplementar. O número de estações a instalar, por zona, é definido tendo em consideração o respetivo número de habitantes e a ultrapassagem ou não dos limiares de avaliação.

Nos casos de ultrapassagem ao valor limite a legislação determina a adoção de medidas e a elaboração e implementação de planos de melhoria da qualidade do ar, com o objetivo de garantir o cumprimento dos valores limite, no mais curto período de tempo.

Para o ozono, a ultrapassagem dos objetivos de longo prazo numa determinada zona (valor a cumprir a partir de 2020) determina que a avaliação da mesma seja efetuada com recurso a medições fixas.

4.5 Verificação do regime de avaliação da qualidade do ar em zonas e aglomerações, do número mínimo e da distribuição espacial de estações de monitorização

Os critérios para a determinação do número mínimo de pontos de amostragem para medições fixas, em zonas e aglomerações, para os poluentes NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5} constam do Anexo VI do Decreto-Lei n.º 102/2010. Para o ozono encontram-se no Anexo X do mesmo diploma legal.

Na Tabela 9 e Tabela 10 encontra-se a avaliação efetuada para as zonas e aglomerações da região Norte, de acordo com critérios populacionais e de qualidade do ar (nos últimos cinco anos), do número de analisadores existentes, face ao que está definido na legislação. Verifica-se que:

- para os poluentes NO₂, PM₁₀ e O₃, os requisitos estabelecidos no Decreto-Lei n.º 102/2010 são cumpridos, não havendo estações de monitorização da qualidade do ar ou analisadores em falta. A união de aglomerações na designada aglomeração de Entre Douro e Minho permitiu garantir e ultrapassar o número mínimo de analisadores requeridos;
- nos casos do NO₂ e PM₁₀ medidos em zonas (Norte Litoral e Norte Interior), as suas concentrações encontram-se abaixo do limiar inferior de avaliação, significando que a sua avaliação pode ser feita por medições indicativas, no mínimo com uma cobertura de 14% do ano, ou com recurso a modelação. No entanto, nestas zonas, tem havido problemas de garantia da eficiência mínima de medições, que tem estado abaixo dos 14% e onde se deve efetuar um esforço de melhoria deste parâmetro, aumentando a cobertura anual de dados;
- para o O₃, o número de analisadores em aglomerações também está acima do mínimo legal, garantindo-se uma adequada repartição e prevalência de estações suburbanas de fundo (exceto em Entre Douro e Minho, situação que não é grave), bem como, a não monitorização de O₃ em zonas de influência de tráfego;
- a monitorização de O₃ em zonas está garantida de acordo com o mínimo exigido legalmente, quer de acordo com critérios de população, quer garantindo uma cobertura (em área) satisfatória, cumprindo o critério indicado para terrenos acidentados. Destacam-se ainda duas situações:
 - no Norte Litoral a eficiência de medições deve ser melhorada,
 - no Norte Interior considera-se o número mínimo de analisadores satisfeito com a entrada em funcionamento da estação rural de fundo de Santa Combinha (gerida pela Agência Portuguesa do Ambiente).

Tabela 9. Verificação do cumprimento de critérios relativos ao número mínimo de analisadores de NO₂ e PM₁₀ a instalar em zonas e aglomerações

NO ₂								
Zona	População (habitantes)	Base Horária		Base Anual		Número de Estações		
		Avaliação	N.º Estações Necessárias	Avaliação	N.º Estações Necessárias	Necessárias (apuramento final)	Existentes	Em Falta
Porto Litoral (a)	1 423 499	>LSA (5/5 anos)	4	>LSA (5/5 anos)	4	4	10 (4 fix + 6 ind)	0
Entre Douro e Minho (a)	791 594	>LSA (4/5 anos)	3	>LSA (5/5 anos)	3	3	6 (4 fix + 2 ind)	0
Norte Litoral	918 022	<LIA (2/2 anos)	ND	<LIA (2/2 anos)	ND	ND	1 (ind)	0
Norte Interior	556 472	<LIA (3/3 anos)	ND	<LIA (3/3 anos)	ND	ND	1 (ind)	0
PM ₁₀								
Zona	População (habitantes)	Base Diária		Base Anual		Número de Estações		
		Avaliação	N.º Estações Necessárias	Avaliação	N.º Estações Necessárias	Necessárias (apuramento final)	Existentes	Em Falta
Porto Litoral (a)	1 423 499	>LSA (3/5 anos)	6	LIA-LSA (4/5 anos)	3	6	15 (13 PM ₁₀ + 2 PM _{2,5})	0
Entre Douro e Minho (a)	791 594	>LSA (3/5 anos)	4	LIA-LSA (4/5 anos)	2	4	7 (6 PM ₁₀ + 1 PM _{2,5})	0
Norte Litoral	918 022	<LIA (1/1 anos)	ND	<LIA (1/1 anos)	ND	ND	2 (1 PM ₁₀ + 1 PM _{2,5})	0
Norte Interior	556 472	<LIA (5/5 anos)	ND	<LIA (5/5 anos)	ND	ND	2 (1 PM ₁₀ + 1 PM _{2,5})	0

Legenda: (a): a zona é uma aglomeração, ND: número não definido na legislação, fix: estação de medição fixa, ind: estação de medição indicativa, Avaliação: efetuada com base nos cinco anos de dados de 2014 a 2018 (ou menos, quando neste período a zona teve eficiência anual <14%)

Tabela 10. Verificação do cumprimento de critérios relativos ao número mínimo de analisadores de O₃ a instalar em zonas e aglomerações

O ₃							
Zona	População (habitantes)	Área (km ²)	Avaliação	Número de Estações			
				Necessárias	Crítérios adicionais	Existentes	Em Falta
Porto Litoral (a)	1 423 499	789	>OLP (5/5 anos)	3 (1 urb + 2 suburb)	pelo menos 50% suburbanas	9 (3 urb + 6 suburb)	0
Entre Douro e Minho (a)	791 594	895	>OLP (5/5 anos)	2 (1 urb + 1 suburb)	pelo menos 50% suburbanas	3 (2 urb + 1 suburb)	0
Norte Litoral	918 022	4 791	<OLP (3/3 anos)	2 (ou 1 se Avaliação < OLP)	1 Estação/50 000 km ² (ou 1/100 000 km ² se Avaliação < OLP)	1 (rur)	0
Norte Interior	556 472	14 865	>OLP (5/5 anos)	2	1 Estação/50 000 km ² (ou 1/25 000 km ² para terrenos complexos)	2 (rur)*	0

Legenda: (a): a zona é uma aglomeração, Avaliação: efetuada com base nos cinco anos de dados de 2014 a 2018 (ou menos, quando neste período a zona teve eficiência anual <14%), urb: urbana, suburb: suburbana, rur: rural, *considerando 1CCDR-N + 1APA (Santa Cominha)



Destaques: Os critérios – essencialmente populacionais e de qualidade do ar – para a determinação do número mínimo de pontos de amostragem para medições fixas, em zonas e aglomerações, constam no Decreto-Lei n.º 102/2010. Face ao que está definido na legislação, verifica-se que:

- ▶ Para os poluentes NO₂, PM₁₀ e O₃ não há estações de monitorização da qualidade do ar ou analisadores em falta;
- ▶ A avaliação em zonas (que não aglomerações) tem sido efetuada mas apresentando, por vezes, falhas na cobertura mínima anual, sendo esta frequentemente inferior a 14%. Este é o valor mínimo de eficiência exigido para as designadas medições indicativas a efetuar, por ex., em zonas abaixo do limiar inferior de avaliação, como é o caso da situação para o NO₂ e PM₁₀, devendo ser feito um esforço para o garantir;
- ▶ Para o O₃, há um conjunto mais extenso de critérios recomendados. Estes incluem, por ex., uma proporção a verificar entre tipologias de estações, a não monitorização de O₃ em zonas de influência de tráfego, ou mesmo garantindo determinada cobertura (em área) em zonas de terreno acidentado, como é o caso do Norte Interior, critérios estes que são na sua maioria cumpridos.

5 Resultados da rede de monitorização da qualidade do ar da região Norte entre 2012 e 2018

No presente capítulo apresenta-se a análise do histórico de dados validados mais recentes (de 2012 a 2018) para os poluentes para os quais se têm observado os valores mais elevados, traduzindo-se em problemas de qualidade do ar, nomeadamente para o NO₂, PM₁₀ e O₃.

Apresenta-se um diagnóstico da qualidade do ar para a região Norte que inclui a análise da situação de eficiência da rede, a evolução das concentrações médias dos poluentes em estudo, a análise da situação de conformidade legal e, por fim, uma análise relativa aos episódios de poluição e sua relação com a meteorologia.

5.1 Cobertura da rede de monitorização e correlação dos dados de qualidade do ar

5.1.1 Eficiência das medições de qualidade do ar

A eficiência das medições efetuadas nas estações de qualidade do ar (ou a quantidade anual de dados válidos) trata-se de um aspeto crucial para uma análise robusta das tendências evolutivas das concentrações, de episódios de poluição, para a verificação da conformidade legal, apoio à decisão em matéria de poluição do ar, entre outros, tendo em conta o objetivo último de proteção da saúde humana e dos ecossistemas.

A Figura 15 representa as eficiências obtidas para a região Norte, para os poluentes NO₂, PM₁₀ e O₃, entre 2012 e 2018. Nesta análise gráfica destacam-se:

- as classes de eficiência anual, igual ou superior a 85% que, de acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010, diz respeito à eficiência mínima obrigatória⁷ para medições fixas, para efeitos de verificação da conformidade legal, face ao cumprimento de valores limite;
- as séries de dados anuais com uma eficiência situada entre 14% e 85%, que constituem medições indicativas⁸.

De acordo com a Figura 15 verifica-se que o número de analisadores em 2018, na região Norte, por poluente, sofreu uma diminuição em relação ao ano de 2012, sendo esta mais expressiva no caso do O₃ (redução de 29%), seguindo-se o NO₂ (redução de 26%) e finalmente as PM₁₀ (redução de 5% dos analisadores). Esta diminuição do número de analisadores, bem como, anos intermédios de menores eficiências anuais, refletiu, em determinados períodos, uma maior dificuldade na manutenção de equipamentos e, noutros períodos, resultou de ajustes na estratégia de avaliação da qualidade do ar

⁷ No Anexo II do Decreto-Lei n.º 102/2010, relativo aos objetivos de qualidade dos dados, é indicada uma taxa mínima de recolha de dados de 90%. No entanto, a este valor, podem acrescer perdas de dados decorrentes de operações de calibração de equipamentos até 5%. Assim, a eficiência mínima final comumente considerada é de 85%.

⁸ Relativamente às medições indicativas, de acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010, o período mínimo de referência de recolha anual de dados deve ser de 14%, distribuído ao longo do ano.

(estações que passaram a ter objetivos de medição indicativa) e da redefinição das zonas e aglomerações, por poluente.



Figura 15. Evolução do número de estações de monitorização e da eficiência das medições de NO₂, PM₁₀ e O₃, na região Norte, entre 2012 e 2018

A Tabela 11 representa a eficiência anual das medições de NO₂, PM₁₀ e O₃ entre 2012 e 2018, verificando-se que:

- as medições de PM₁₀ são aquelas onde se registam eficiências mais reduzidas, mesmo para estações de medição fixa;
- o período de 2014 a 2016 foi aquele em que se registaram mais falhas nas medições de NO₂, PM₁₀ e O₃;
- no caso do NO₂ e do O₃ há uma melhoria da cobertura temporal de medições em estações de medição fixa, nos anos mais recentes de 2017 e 2018.

Tabela 11. Eficiência anual das medições de NO₂, PM₁₀ e O₃, por estação da região Norte, entre 2012 e 2018

Zona	Tipo	Estação	Medição	NO ₂					Medição	PM ₁₀					Medição	O ₃											
				2012	2013	2014	2015	2016		2017	2018	2012	2013	2014		2015	2016	2017	2018	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Porto Litoral (a)	F	AES	Indicativa	100%	93%	62%	78%	87%	31%	99%	Fixa	99%	40%	64%	53%	74%	70%	79%	Fixa	89%	96%	80%	53%	94%	96%	92%	
	F	AVI	Indicativa	96%	86%	70%	ND	ND	ND	ND	Indicativa	95%	96%	73%	53%	ND	57%	79%	Fixa	95%	92%	80%	86%	56%	89%	98%	
	F	CUS	Indicativa	98%	99%	74%	73%	20%	2%	8%	Indicativa	96%	97%	62%	73%	11%	ND	ND	Fixa	97%	98%	72%	82%	26%	ND	ND	
	F	ERM	Fixa	96%	95%	47%	72%	97%	42%		Indicativa	85%	90%	54%	57%	59%	31%	71%	Fixa	82%	95%	55%	65%	92%	14%	ND	
	F	LEC	NA	92%	96%	ND	ND	ND	ND	ND	Indicativa	81%	85%	22%	62%	90%	16%	Fixa	65%	100%	23%	74%	96%	93%	96%		
	F	MVCO	Indicativa	96%	88%	80%	90%	63%	91%	98%	Indicativa	99%	98%	81%	87%	92%	46%	59%	Fixa	99%	99%	72%	90%	ND	ND	ND	
	F	SOB	Indicativa	100%	91%	66%	85%	27%	5%		Fixa	86%	92%	58%	69%	ND	80%	88%	Fixa	98%	90%	52%	82%	75%	91%	66%	
	F	VNT	Indicativa	92%	96%	66%	98%	100%	72%	98%	Indicativa	91%	ND	7%	92%	88%	ND	ND	Fixa	75%	86%	25%	81%	99%	84%	7%	
	I	PER	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Fixa	100%	98%	69%	79%	79%	82%	83%	Fixa	99%	98%	70%	84%	69%	ND	ND	
	I	SEA	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Indicativa	ND	71%	ND	65%	38%	93%	76%	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	T	VER	Fixa	100%	95%	77%	62%	2%	44%	92%	Fixa	95%	99%	78%	84%	59%	65%	7%	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	T	ANT	Fixa	97%	74%	32%	93%	68%	43%	93%	Fixa	96%	97%	52%	68%	40%	36%	73%	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
T	HOR	Fixa	100%	81%	45%	57%	98%	93%	90%	Fixa	100%	97%	46%	35%	70%	76%	77%	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
F	BSTI	Fixa	100%	96%	82%	79%	37%	94%	90%	Fixa	97%	95%	81%	76%	ND	71%	80%	Fixa	98%	94%	78%	72%	84%	90%	90%		
Entre Douro e Minho (a)	F	HORT	Indicativa	97%	100%	92%	99%	68%	ND	ND	Fixa	95%	98%	90%	82%	31%	86%	79%	Fixa	95%	99%	80%	94%	71%	58%	25%	
	F	LACT	Indicativa	88%	94%	54%	90%	47%	76%	76%	Fixa	88%	94%	73%	93%	87%	85%	93%	Fixa	91%	96%	51%	99%	44%	93%	69%	
	T	GMR	Fixa	97%	87%	24%	ND	9%	72%	14%	Fixa	83%	80%	23%	ND	ND	71%	89%	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	T	CRCL	Fixa	86%	100%	50%	83%	34%	98%	94%	Fixa	92%	96%	48%	81%	90%	85%	19%	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
T	PRD	Fixa	99%	69%	89%	93%	41%	98%	98%	Fixa	85%	47%	57%	85%	73%	99%	94%	NA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Norte Litoral	RF	MNH	Indicativa	100%	97%	ND	10%	18%	ND	61%	Indicativa	80%	91%	ND	14%	9%	ND	10%	Fixa	99%	97%	29%	12%	16%	ND	58%	
Norte Interior	RF	OLO	Indicativa	96%	94%	85%	27%	ND	54%	68%	Indicativa	93%	92%	79%	27%	22%	49%	94%	Fixa	95%	93%	81%	27%	23%	48%	97%	
% Estações com Eficiência ≥ 85%					100%	84%	18%	44%	25%	33%	64%		85%	76%	5%	20%	29%	33%	26%		79%	100%	0%	29%	31%	60%	50%
% Estações de medição FIXA com Eficiência ≥ 85%				NO ₂	100%	63%	13%	29%	25%	50%	86%	PM ₁₀	92%	75%	8%	18%	22%	33%	33%	O ₃	50%	100%	0%	0%	50%	50%	100%

Legenda: (a) A zona é uma aglomeração, F: Fundo, I: Industrial, T: Tráfego, RF: Rural de Fundo, NA: Não aplicável, ND: Não Disponível (sem dados medidos)



Destques: A eficiência das medições trata-se de um aspeto fundamental para análise de dados de qualidade do ar. Desta análise destaca-se o seguinte aspeto:

- ▶ Necessária aposta na melhoria da eficiência de medição de poluentes: esforço mais premente para PM₁₀. NO₂ e O₃ apresentam melhorias desde 2017.

5.1.2 Correlações entre poluentes e estações de qualidade do ar

De modo a analisar a tendência de variação comum entre várias estações e poluentes, efetuaram-se matrizes de correlação (ver Caixa 1). Estas foram efetuadas de modo a avaliar o comportamento das concentrações medidas nas estações de qualidade do ar, entre cada poluente e entre diferentes poluentes.

Efetuaram-se matrizes de correlação com base em dados horários (base horária) e dados com agregação diária (base diária). De modo a simplificar a análise, utilizaram-se apenas as estações de fundo urbano e suburbano da aglomeração do Porto Litoral. Assim selecionou-se a aglomeração onde ocorrem alguns dos principais problemas de qualidade do ar e, em relação à tipologia de estação, evitam-se os *hotspots* de tráfego e industriais que podem eventualmente responder a variações de concentrações mais bruscas e localizadas, do que as estações de fundo mais representativas da zona.

A Figura 16 representa a matriz de correlação obtida para as concentrações médias diárias entre 2012 e 2018. Face a esta análise salientam-se os seguintes resultados:

- **NO₂:**
 - As concentrações médias diárias de NO₂ medidas nas estações de fundo do Porto Litoral apresentam uma correlação média de 0,71, refletindo uma tendência uniforme na variação das concentrações registadas pela rede de monitorização para este poluente. A correlação das médias horárias é ligeiramente inferior (0,69);
 - A estação com maior correlação face a outras, só em relação a medições de NO₂, é a de Custóias e aquela com menor correlação é a de Leça do Balio (ambas com uma fraca cobertura temporal em dois anos de dados, o que não permite uma análise muito robusta);
 - Em relação às correlações de NO₂ com PM₁₀ esta é moderada (0,46) e apresentando melhores correlações na base diária que na análise horária (0,37);
 - A correlação de NO₂ com as medições de O₃ é inversa e na ordem de -0,37. As concentrações destes poluentes em base horária estão melhor correlacionadas (coeficiente de correlação de -0,43);
- **PM₁₀:**
 - As concentrações diárias de PM₁₀ no Porto Litoral apresentam um coeficiente de correlação que é em média de 0,77 (entre medições de PM₁₀). A correlação das médias horárias é inferior (0,65);
 - A estação com maior correlação face a outras, só em relação a medições de PM₁₀, é a de Mindelo Vila do Conde e aquela com menor correlação é a de Anta Espinho;
 - Relativamente à evolução das médias diárias de PM₁₀ e de O₃ verifica-se que não há um comportamento comum, sendo o coeficiente de correlação de -0,13 (e de -0,17 para as médias horárias);
- **O₃:**
 - As concentrações diárias de O₃ no Porto Litoral apresentam o mais elevado coeficiente de correlação, que é em média de 0,81 (entre medições de O₃). As concentrações horárias apresentam ainda uma maior correlação (0,83);
 - À semelhança do que sucede para o NO₂, a estação com maior correlação face a outras, só em relação a medições de O₃, é a de Custóias e aquela com menor correlação é a de Leça do Balio;
 - O O₃ correlaciona-se com os outros poluentes de forma inversa, sendo a relação complementar mais expressiva com o poluente NO₂.

Coef Corr média*	NO ₂ (0,71)									PM ₁₀ (0,77)							O ₃ (0,81)							
	0,61	0,71	0,78	0,71	0,51	0,73	0,70	0,66	0,63	0,75	0,72	0,76	0,75	0,78	0,77	0,77	0,75	0,77	0,86	0,82	0,62	0,81	0,80	0,85
Eficiência (%)	80	38	55	65	27	89	55	90	77	70	50	69	67	87	72	42	89	88	55	59	80	52	81	68
Poluente/ Estação	NO ₂ _AES	NO ₂ _AVI	NO ₂ _CUS	NO ₂ _ERM	NO ₂ _LEC	NO ₂ _MVCO	NO ₂ _SOB	NO ₂ _VNT	PM ₁₀ _AES	PM ₁₀ _AVI	PM ₁₀ _CUS	PM ₁₀ _ERM	PM ₁₀ _LEC	PM ₁₀ _MVCO	PM ₁₀ _SOB	PM ₁₀ _VNT	O ₃ _AES	O ₃ _AVI	O ₃ _CUS	O ₃ _ERM	O ₃ _LEC	O ₃ _MVCO	O ₃ _SOB	O ₃ _VNT
NO ₂ _AES	1,00																							
NO ₂ _AVI	0,62	1,00																						
NO ₂ _CUS	0,59	0,80	1,00																					
NO ₂ _ERM	0,55	0,75	0,82	1,00																				
NO ₂ _LEC	0,31	0,45	0,63	0,45	1,00																			
NO ₂ _MVCO	0,62	0,69	0,84	0,70	0,48	1,00																		
NO ₂ _SOB	0,60	0,80	0,79	0,60	0,48	0,76	1,00																	
NO ₂ _VNT	0,54	0,59	0,73	0,79	0,29	0,78	0,55	1,00																
PM ₁₀ _AES	0,13	0,32	0,29	0,33	0,19	0,26	0,33	0,27	1,00															
PM ₁₀ _AVI	0,44	0,63	0,69	0,65	0,48	0,49	0,62	0,50	0,45	1,00														
PM ₁₀ _CUS	0,38	0,50	0,51	0,59	0,16	0,46	0,53	0,50	0,46	0,70	1,00													
PM ₁₀ _ERM	0,27	0,57	0,52	0,54	0,34	0,40	0,51	0,42	0,56	0,82	0,82	1,00												
PM ₁₀ _LEC	0,37	0,60	0,62	0,61	0,45	0,37	0,54	0,43	0,49	0,74	0,71	0,71	1,00											
PM ₁₀ _MVCO	0,28	0,55	0,60	0,53	0,49	0,46	0,56	0,43	0,66	0,75	0,74	0,71	0,77	1,00										
PM ₁₀ _SOB	0,35	0,57	0,64	0,58	0,50	0,47	0,58	0,52	0,65	0,75	0,68	0,74	0,74	0,81	1,00									
PM ₁₀ _VNT	0,30	0,62	0,54	0,50	0,60	0,37	0,41	0,43	0,74	0,76	0,62	0,70	0,81	0,78	0,78	1,00								
O ₃ _AES	-0,31	-0,46	-0,47	-0,41	-0,44	-0,42	-0,43	-0,38	-0,14	-0,22	-0,17	-0,19	-0,15	-0,17	-0,22	-0,25	1,00							
O ₃ _AVI	-0,37	-0,43	-0,47	-0,39	-0,11	-0,47	-0,37	-0,44	-0,08	-0,09	-0,06	-0,04	-0,03	-0,04	-0,07	0,01	0,60	1,00						
O ₃ _CUS	-0,30	-0,50	-0,58	-0,47	-0,20	-0,55	-0,48	-0,50	-0,11	-0,26	-0,14	-0,09	-0,26	-0,20	-0,23	-0,18	0,81	0,86	1,00					
O ₃ _ERM	-0,20	-0,36	-0,44	-0,43	-0,11	-0,40	-0,27	-0,46	-0,16	-0,13	-0,11	-0,09	-0,14	-0,09	-0,14	-0,12	0,76	0,82	0,88	1,00				
O ₃ _LEC	-0,16	-0,18	-0,20	-0,21	-0,13	-0,21	-0,29	-0,32	-0,35	-0,04	0,00	-0,04	-0,09	-0,17	-0,15	-0,24	0,49	0,46	0,63	0,59	1,00			
O ₃ _MVCO	-0,17	-0,27	-0,38	-0,30	-0,21	-0,48	-0,33	-0,44	-0,06	-0,11	0,02	0,00	-0,14	-0,10	-0,16	-0,07	0,72	0,81	0,86	0,82	0,61	1,00		
O ₃ _SOB	-0,32	-0,50	-0,54	-0,36	-0,31	-0,52	-0,50	-0,40	-0,16	-0,18	-0,12	-0,08	-0,13	-0,16	-0,18	-0,17	0,80	0,75	0,90	0,78	0,52	0,81	1,00	
O ₃ _VNT	-0,35	-0,39	-0,51	-0,40	-0,27	-0,48	-0,35	-0,55	-0,17	-0,19	-0,05	-0,04	-0,10	-0,14	-0,17	-0,16	0,79	0,84	0,92	0,92	0,63	0,86	0,84	1,00

Legenda: *Coeficiente de Correlação médio: entre várias estações e um mesmo poluente. Eficiência (%): percentagem média anual de cobertura de dados, entre 2012 e 2018; eficiências assinaladas a vermelho são inferiores a 70%. A escala de cores das células destaca a magnitude do coeficiente de correlação obtido (verde: correlação mais próxima dos extremos 1 e -1; vermelho: correlação mais próxima de 0). A Negrito destacam-se os coeficientes de correlação mais elevados (intra e inter poluentes).

Figura 16. Representação da matriz de correlação entre as médias diárias de NO₂, PM₁₀ e O₃ registadas no Porto Litoral em estações Urbanas e Suburbanas de Fundo

Caixa 1. Correlações

A correlação exprime o comportamento de uma variável face à variação de outra variável, visando verificar a existência de alguma relação entre a variabilidade de ambas.

O coeficiente de correlação traduz o grau de relação entre duas variáveis quantitativas, exprimindo o grau de correlação através de valores situados entre -1 e 1.

Um coeficiente de correlação próximo de zero indica que não há relação entre as duas variáveis, e quanto mais este se aproxima de 1 ou -1, mais forte será a relação.

Correlações positivas significam que quando uma variável aumenta, a outra também aumenta. Correlações negativas, significam que quando uma variável aumenta a outra apresenta uma tendência inversa, ou seja, diminui.

A Figura 17 representa as estações e os poluentes para os quais se obtiveram os coeficientes de correlação mais elevados, na aglomeração do Porto Litoral. Os poluentes medidos nestas estações, mais correlacionadas, apresentam um comportamento idêntico, podendo refletir a contribuição de fontes de emissão comuns e indicar um bom nível de funcionamento da estação (já que uma dada tendência é registada de igual modo em várias estações). Verifica-se que há dois eixos de estações correlacionadas para o NO₂ e O₃ (MVCO-CUS-SOB e MVCO-VNT-ERM). Nestes eixos não há forte correlações a assinalar com as partículas PM₁₀. Para este poluente as correlações são significativas para os eixos VNT-LEC-SOB, MVCO-SOB e SOB-ERM.

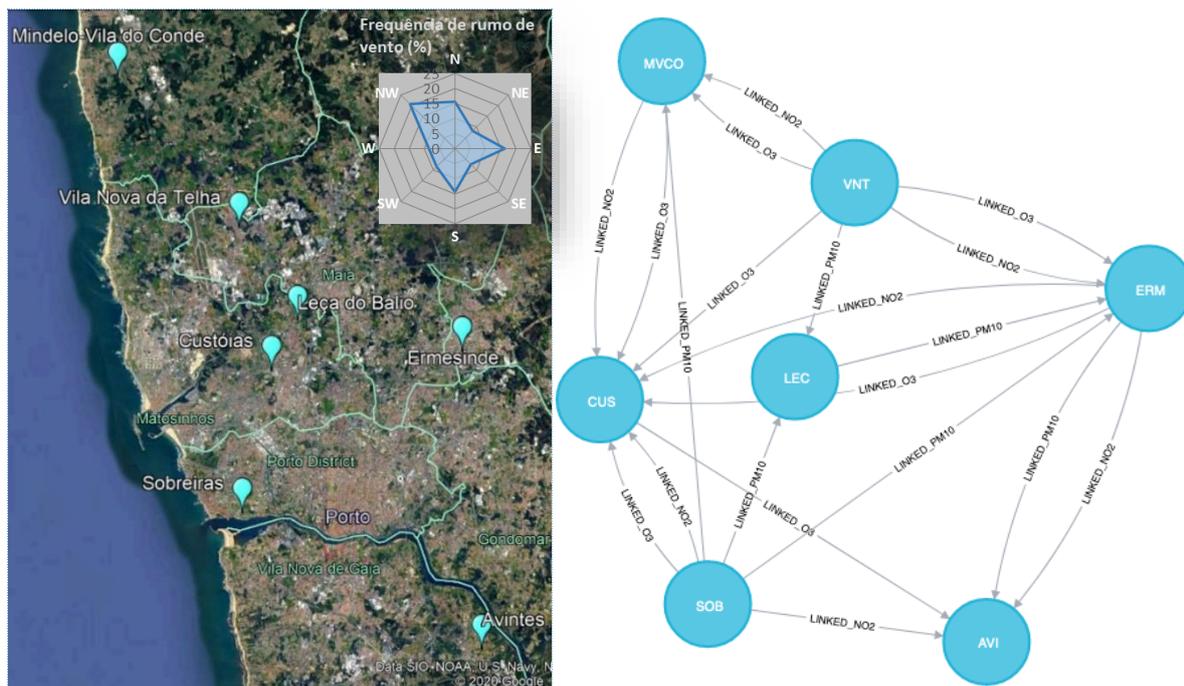


Figura 17. Representação das estações e poluentes para os quais se obtiveram os maiores coeficientes de correlação entre as médias horárias de NO₂, PM₁₀ e O₃ medidas no Porto Litoral em estações Urbanas e Suburbanas de Fundo

De modo a analisar situações específicas de estações com excedências frequentes, associadas ao tráfego rodoviário, efetuam-se duas análises em maior detalhe. Uma é relativa à estação de tráfego de Francisco Sá Carneiro-Campanhã (ANT), situada no Porto Litoral, e outra é relativa à estação de tráfego Circular Sul (CRCL), localizada em Braga, pertencendo à aglomeração de Entre Douro e Minho.

Relativamente aos resultados obtidos, verifica-se que:

- Porto Litoral:
 - A correlação média de NO₂ entre estações do Porto Litoral é de 0.60. As correlações apenas entre estações de tráfego (0.52) são mais reduzidas do que apenas entre estações de fundo (0.63);
 - A estação de Vermoim apresenta um coeficiente de correlação de NO₂ com as restantes, da aglomeração do Porto Litoral, de 0.64 (sendo o mais elevado entre estações de tráfego), seguindo-se a de Francisco Sá Carneiro-Campanhã (com 0.56) e por fim a estação de Senhora da Hora (com 0.50);
 - A estação de Francisco Sá Carneiro-Campanhã (ANT) correlaciona-se melhor com as estações de MVCO e AVI, para o NO₂. A estação de Vermoim obtém um comportamento mais semelhante a outras estações, tendo-se obtido coeficientes de correlação mais elevados com ERM, CUS e AVI;
 - Num teste efetuado com os dados de PM₁₀ verifica-se ainda que a estação de ANT apresenta uma relação pouco significativa entre os seus dados de NO₂ e de PM₁₀ (0.24) enquanto que, nas estações de tráfego de VER e HOR, esta relação é moderada (0.58 e 0.44, respetivamente), pelo que esta estação pode estar a refletir uma realidade muito pontual para o NO₂.
- Entre Douro e Minho:

- A correlação média de NO₂ entre estações de Entre Douro e Minho é de 0.57. As correlações apenas entre estações de tráfego (0.62) são mais elevadas do que apenas entre estações de fundo (0.52);
- A estação de Circular Sul (CRCL) apresenta uma correlação de NO₂ moderada com as restantes estações da aglomeração (0.63) e menor para as PM₁₀ (0.56). Esta estação apresenta as maiores correlações de NO₂ com estações mais distantes (0.81 com Paredes-Centro e 0.69 com Burgães-Santo Tirso) do que com estações mais próximas, verificando-se o oposto relativamente aos resultados para as PM₁₀, em que o maior coeficiente de correlação obtido é com a estação do Horto (0.77);
- Esta aglomeração inclui várias cidades que refletem realidades distintas, mas ainda assim as correlações de NO₂ são significativas, mesmo entre estações mais distantes. A estação de CRCL para o NO₂ parece refletir uma situação mais localizada.

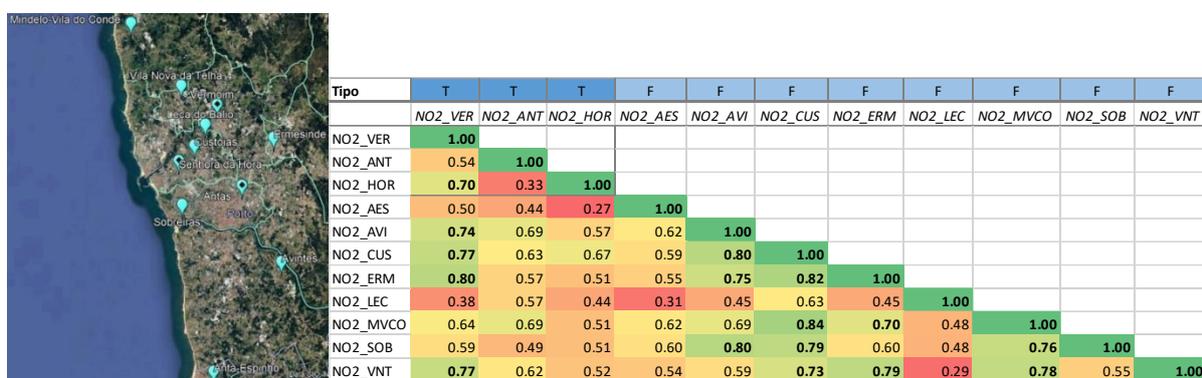


Figura 18. Representação da matriz de correlação entre as médias diárias de NO₂ registadas na aglomeração do Porto Litoral em estações de Tráfego e Fundo

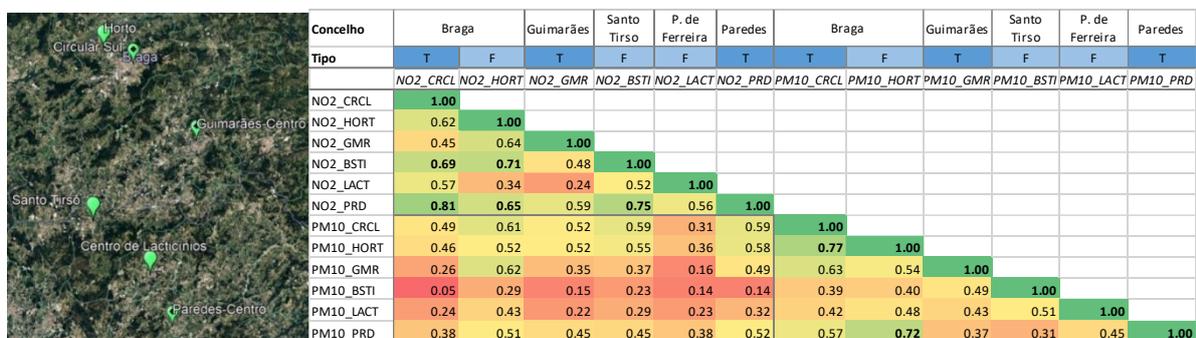


Figura 19. Representação da matriz de correlação entre as médias diárias de NO₂ e de PM₁₀ registadas na aglomeração de Entre Douro e Minho em estações de Tráfego e Fundo



Destaques: As matrizes de correlação permitem analisar a tendência de variação comum entre várias estações e poluentes. Estações/poluentes com coeficientes de correlação elevados traduzem comportamentos idênticos, podendo refletir a contribuição de fontes de emissão comuns e indicar um bom nível de funcionamento dos equipamentos (tendências registadas de igual modo em vários locais). Desta análise destacam-se os seguintes aspetos:

- ▶ As concentrações de NO₂ e de PM₁₀ estão ligeiramente correlacionadas entre si, bem como, as de NO₂ e O₃ (correlação inversa). Entre PM₁₀ e O₃ não há um comportamento comum;
- ▶ Caso de estudo - estações de Tráfego de Francisco Sá Carneiro-Campanhã (ANT) e Frei Bartolomeu Mártires-S.Vitor (CRCL):
 - Francisco Sá Carneiro-Campanhã apresenta uma relação pouco significativa entre os seus dados de NO₂ e de PM₁₀ (ao contrário de outras estações de tráfego da mesma aglomeração);
 - A estação de Frei Bartolomeu Mártires-S.Vitor, em Braga, correlaciona-se de diferente modo com outras estações dependendo do poluente (NO₂ distinto de PM₁₀);
 - Ambas parecem refletir uma situação mais localizada/pontual.

5.2 Evolução da qualidade do ar

Na presente secção apresenta-se a tendência evolutiva das concentrações médias de NO₂, partículas PM₁₀ e O₃, registada nas estações da região Norte, no período de 2012 a 2018. Da Figura 20 à Figura 24 apresenta-se a tendência evolutiva de concentrações, agregadas por tipologia de estação: Tráfego, Industrial, Urbano e Suburbano de Fundo, e Rural de Fundo. Destacam-se os seguintes resultados:

- Evolução das concentrações por ano (Figura 20):
 - em relação às grandes tendências de evolução das concentrações médias, verifica-se que a média anual de NO₂ estabilizou desde 2015, a de PM₁₀ apresenta tendência ligeiramente decrescente e a de O₃ não é clara (foi de decréscimo entre 2013 e 2017 mas apresentou um aumento significativo em 2018);
 - em relação à distribuição das concentrações médias por tipologia de estação, verifica-se que, no caso do NO₂, se destaca significativamente o perfil de estações de Tráfego, sendo o mais elevado, e, no caso do O₃, o perfil de concentrações mais elevadas é o das estações Rurais de Fundo. Nas PM₁₀ o perfil mais elevado é mostrado pelas estações do tipo Industrial, mas próximo da tipologia de Tráfego e Fundo Urbano/Suburbano;
- Perfis por hora do dia (Figura 22):
 - destaca-se a influência do tráfego rodoviário nas medições de NO₂, com picos elevados coincidentes com as horas de ponta da manhã e da tarde e, de modo semelhante mas mais esbatido, nas de PM₁₀. O O₃ apresenta um perfil complementar ao de NO₂, como é característico para este poluente, atingindo um pico a meio da tarde nas horas de maior radiação solar;
 - os perfis apresentados na Figura 23 destacam a influência da utilização de lareiras para aquecimento, promovendo níveis de PM₁₀ mais elevados durante as noites e madrugadas de Inverno (englobando os meses de Novembro, Dezembro e Janeiro), enquanto que o perfil de PM₁₀ de Verão (englobando os meses de Junho, Julho e Agosto) se aproxima mais ao de NO₂.
- Perfis por dia da semana (Figura 24):
 - as concentrações médias dos vários poluentes não apresentam grandes oscilações, exceto os decréscimos a assinalar durante o fim-de-semana. Esta tendência é inversa no caso do O₃, com ligeiros aumentos ao sábado e domingo em localizações urbanas e suburbanas, devido à sua química complexa, inversamente proporcional aos valores de NO em meio urbano, devido ao efeito de titulação química⁹.

⁹ As concentrações de ozono à superfície dependem de combinações complexas entre processos químicos (proporção entre concentrações de COV e NOx) e da influência da meteorologia. Nas cidades, concentrações elevadas de NO (emitido pelo transporte rodoviário) contribuem para consumir (eliminar) o O₃ localmente, num processo que leva à formação de NO₂. Perto das fontes, este processo de ‘titulação química’ pode ser considerado um sumidouro de O₃. Durante o fim-de-semana, com a redução do transporte rodoviário e consequentemente na presença de menores quantidades de NO, a tendência é de ligeiro aumento de concentrações de O₃.

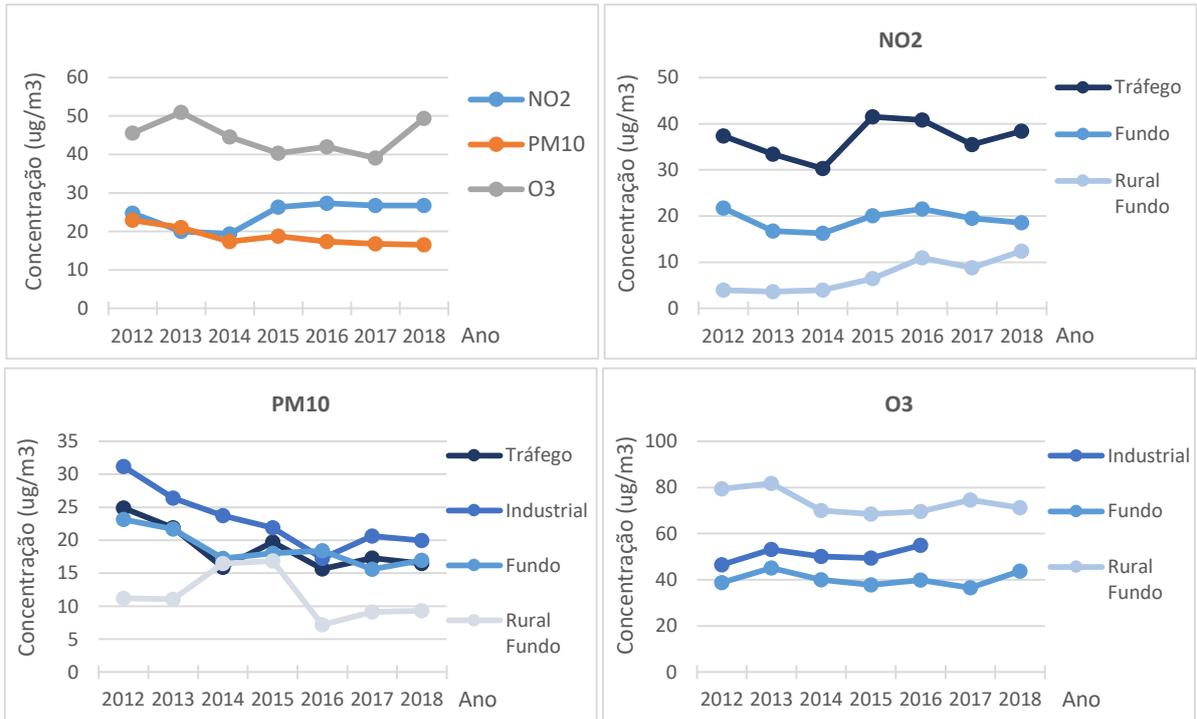


Figura 20. Concentrações médias de NO₂, PM₁₀ e O₃, entre 2012 e 2018, por ano

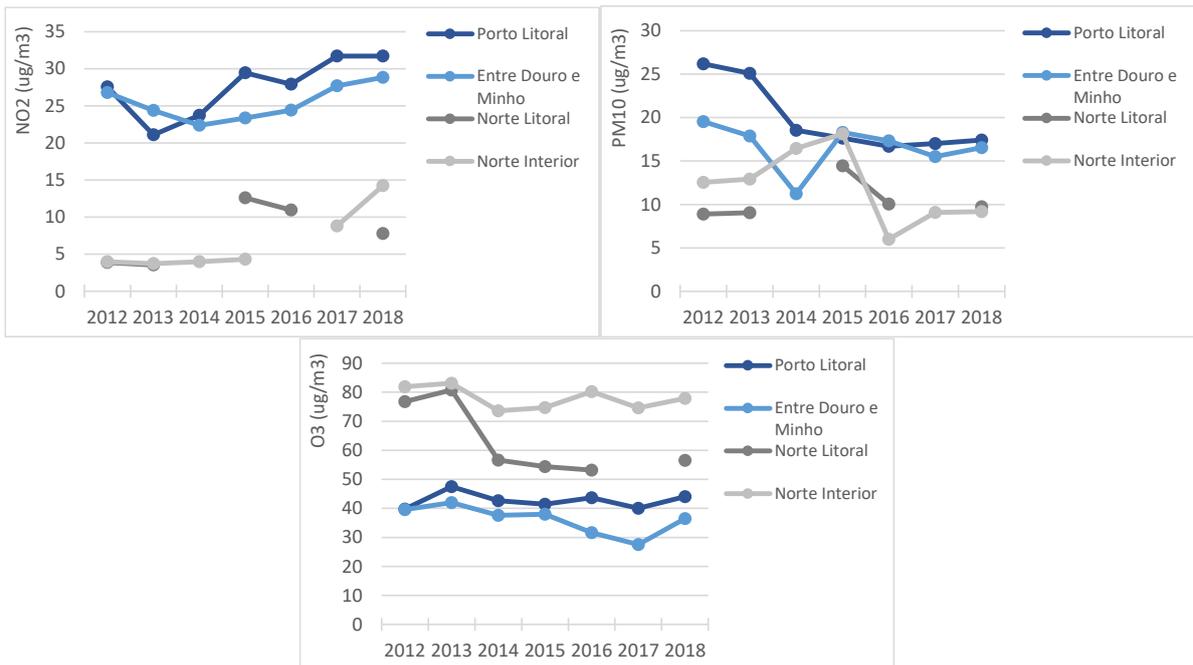


Figura 21. Concentrações médias de NO₂, PM₁₀ e O₃, entre 2012 e 2018, por ano e zona

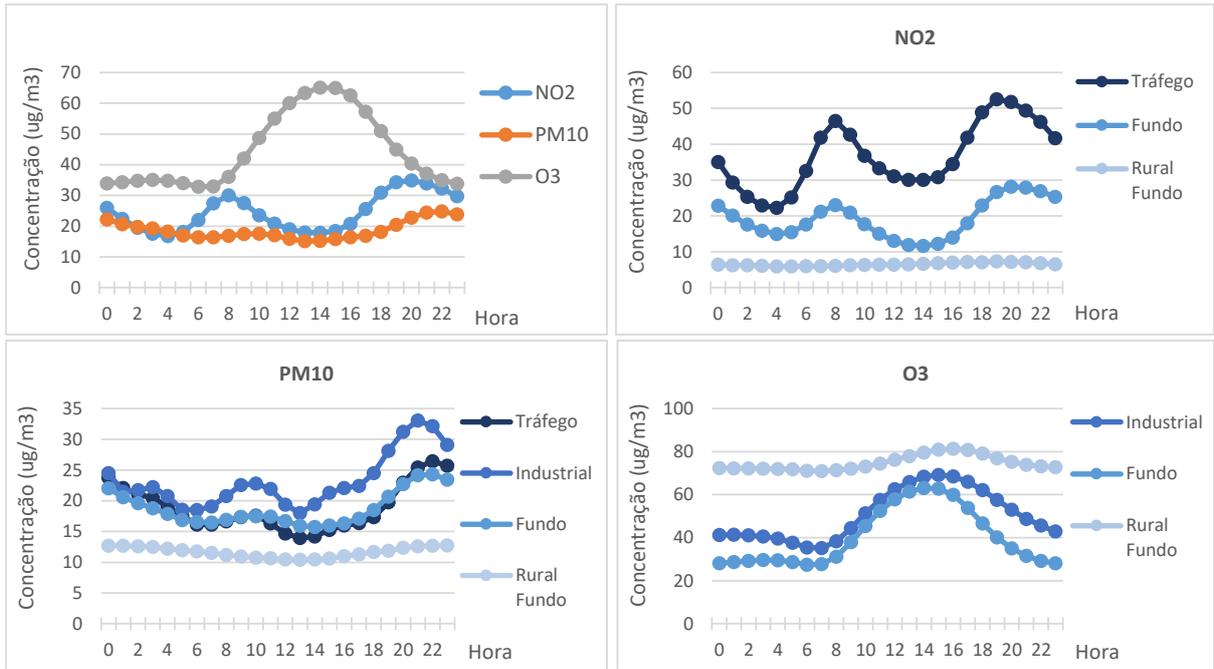


Figura 22. Perfis de concentrações médias de NO₂, PM₁₀ e O₃, entre 2012 e 2018, por hora do dia

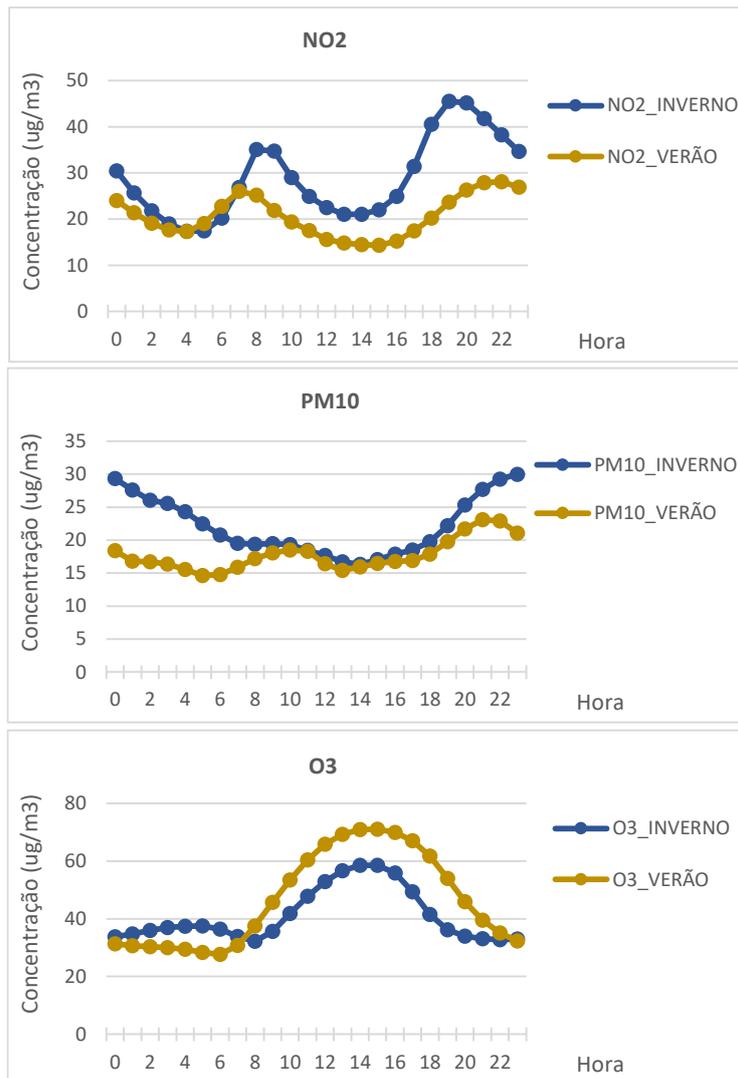


Figura 23. Perfis de concentrações médias de NO₂, PM₁₀ e O₃, entre 2012 e 2018, por hora do dia e estação de Inverno e Verão

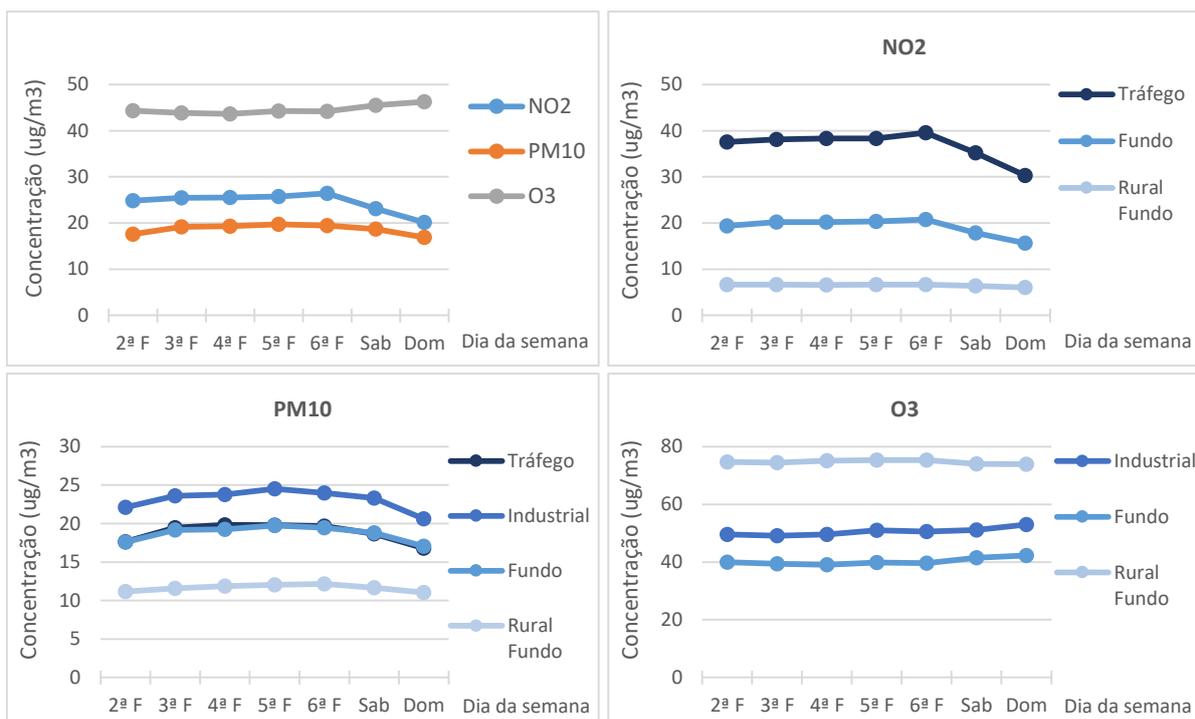


Figura 24. Perfis de concentrações médias de NO₂, PM₁₀ e O₃, entre 2012 e 2018, por dia da semana



Destques: As tendências de evolução das concentrações médias, ao longo do tempo, fornecem uma perspetiva sobre o estado de melhoria, manutenção ou degradação da qualidade do ar. Neste âmbito destacam-se os seguintes aspetos:

- ▶ em relação às grandes tendências verifica-se que a média anual de NO₂ estabilizou desde 2015 (após um aumento face a anos anteriores), a de PM₁₀ apresenta tendência ligeiramente decrescente e a de O₃ não é clara (decréscimo entre 2013 e 2017 e aumento em 2018);
- ▶ no caso do NO₂ destaca-se claramente o perfil de concentrações mais elevadas em estações de tráfego (o que não sucede para as PM₁₀). O perfil de NO₂ descreve picos elevados coincidentes com as horas de ponta de maior tráfego rodoviário, sendo estes, no caso das PM₁₀, mais esbatidos e desfasados;
- ▶ no caso das PM₁₀, destaca-se a influência da utilização de lareiras para aquecimento, promovendo níveis de PM₁₀ mais elevados durante as noites e madrugadas de Inverno;
- ▶ o O₃ apresenta um perfil complementar ao de NO₂, como é característico para este poluente, atingindo um pico a meio da tarde nas horas de maior radiação solar.

5.3 Evolução da situação de conformidade legal

Nesta secção apresenta-se uma análise das concentrações de NO₂, partículas PM₁₀ e O₃ registadas nas estações da região Norte, orientada para a identificação das situações de inconformidade legal no período de 2012 a 2018, tendo em atenção os valores limite e valor alvo para a proteção da saúde humana, definidos para estes poluentes no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

5.3.1 Dióxido de azoto (NO₂)

Na Tabela 12 apresenta-se a verificação da conformidade legal do NO₂ face aos parâmetros valor limite anual (VLA) de 40 µg/m³ e valor limite horário (VLH) de 200 µg/m³, representando-se o indicador média anual e número de horas em excedência (sendo o máximo permitido de 18), respetivamente, para o período de 2012 a 2018.

As maiores dificuldades, no cumprimento legal relativo ao NO₂, centram-se no valor limite de base anual, em estações de tráfego, de forma consistente ao longo dos anos, sem apresentar uma tendência decrescente, em Francisco Sá Carneiro-Campanhã (ANT) e em Frei Bartolomeu Mártires-S. Vitor (CRCL), estação localizada em Braga (Figura 25).

Tabela 12. Verificação da conformidade legal face aos parâmetros valor limite anual e valor limite horário de NO₂ (indicadores: média anual em µg/m³ e n.º de horas em excedência)

Zona	Tipo	Estação	Estação (abreviatura)	Tipo medição	NO ₂						
					2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Verificação do cumprimento do VLA de 40 µg/m ³ (indicador média anual)											
Porto Litoral (a)	F	Anta-Espinho	AES	Indicativa	22	20	14	17	25	28	25
	F	Avintes	AVI	Indicativa	22	18	19	-	-	-	-
	F	Custóias-Matosinhos	CUS	Indicativa	34	26	27	29	33	66	40
	F	Ermesinde-Valongo	ERM	Fixa	28	24	21	28	28	27	-
	F	Leça do Balio-Matosinhos	LEC	NA	26	6	-	-	-	-	-
	F	Mindelo-Vila do Conde	MVCO	Indicativa	16	12	16	18	17	21	18
	F	Sobreiras-Lordelo do Ouro	SOB	Indicativa	26	22	23	25	16	18	-
	F	VNTelha-Maia	VNT	Indicativa	18	17	15	19	21	22	19
	I	Meco-Perafita	PER	NA	-	-	-	-	-	-	-
	I	Seara-Matosinhos	SEA	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	D.Manuel II-Vermoim	VER	Fixa	27	22	23	27	13	18	23
	T	Francisco Sá Carneiro-Campanhã	ANT	Fixa	45	37	47	65	75	54	62
T	João Gomes Laranjo-S.Hora	HOR	Fixa	40	26	32	37	23	31	36	
Entre Douro e Minho (a)	F	Burgães-Santo Tirso	BSTI	Fixa	18	16	14	16	19	16	15
	F	Frossos-Braga	HORT	Indicativa	15	12	4	13	13	-	-
	F	Paços de Ferreira	LACT	Indicativa	13	11	13	17	16	16	13
	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém	GMR	Fixa	40	35	38	-	16	25	44
	T	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	CRCL	Fixa	47	50	44	46	55	55	50
T	Pe Moreira Neves-Castelões Cepeda	PRD	Fixa	28	23	22	25	26	27	23	
Norte Litoral	RF	Minho-Lima	MNH	Indicativa	4	4	-	13	11	-	8
Norte Interior	RF	Douro Norte	OLO	Indicativa	4	4	4	4	-	9	14
Verificação do cumprimento do VLH de 200 µg/m ³ (indicador n.º de excedências. máx. permitido: 18)											
Porto Litoral (a)	F	Anta-Espinho	AES	Indicativa	0	5	0	0	0	0	8
	F	Avintes	AVI	Indicativa	0	0	0	-	-	-	-
	F	Custóias-Matosinhos	CUS	Indicativa	16	0	0	0	0	0	0
	F	Ermesinde-Valongo	ERM	Fixa	0	0	0	0	0	0	-
	F	Leça do Balio-Matosinhos	LEC	NA	11	0	-	-	-	-	-
	F	Mindelo-Vila do Conde	MVCO	Indicativa	0	0	0	0	0	0	0
	F	Sobreiras-Lordelo do Ouro	SOB	Indicativa	0	0	0	0	0	0	0
	F	VNTelha-Maia	VNT	Indicativa	0	0	0	0	0	0	0
	I	Meco-Perafita	PER	NA	-	-	-	-	-	-	-
	I	Seara-Matosinhos	SEA	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	D.Manuel II-Vermoim	VER	Fixa	0	0	0	0	0	0	0
	T	Francisco Sá Carneiro-Campanhã	ANT	Fixa	8	0	0	10	6	0	6
T	João Gomes Laranjo-S.Hora	HOR	Fixa	3	5	0	0	0	0	2	
Entre Douro e Minho (a)	F	Burgães-Santo Tirso	BSTI	Fixa	0	0	0	0	0	0	0
	F	Frossos-Braga	HORT	Indicativa	0	0	0	0	0	-	-
	F	Paços de Ferreira	LACT	Indicativa	0	0	0	2	0	0	0
	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém	GMR	Fixa	0	0	0	-	0	0	0
	T	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	CRCL	Fixa	1	8	0	0	0	8	0
T	Pe Moreira Neves-Castelões Cepeda	PRD	Fixa	0	0	0	0	0	0	0	
Norte Litoral	RF	Minho-Lima	MNH	Indicativa	0	0	0	0	0	0	0
Norte Interior	RF	Douro Norte	OLO	Indicativa	0	0	0	0	-	0	0
Legenda: (a): a zona é uma aglomeração, T: Tráfego, I: Industrial, F: Fundo, RF: Rural de Fundo, NA: Não Aplicável, '-': estação sem dados, Valores a cinza: estação com taxa de recolha inferior a 85% do ano, Valores a vermelho: situação de ultrapassagem efetiva do valor limite.											

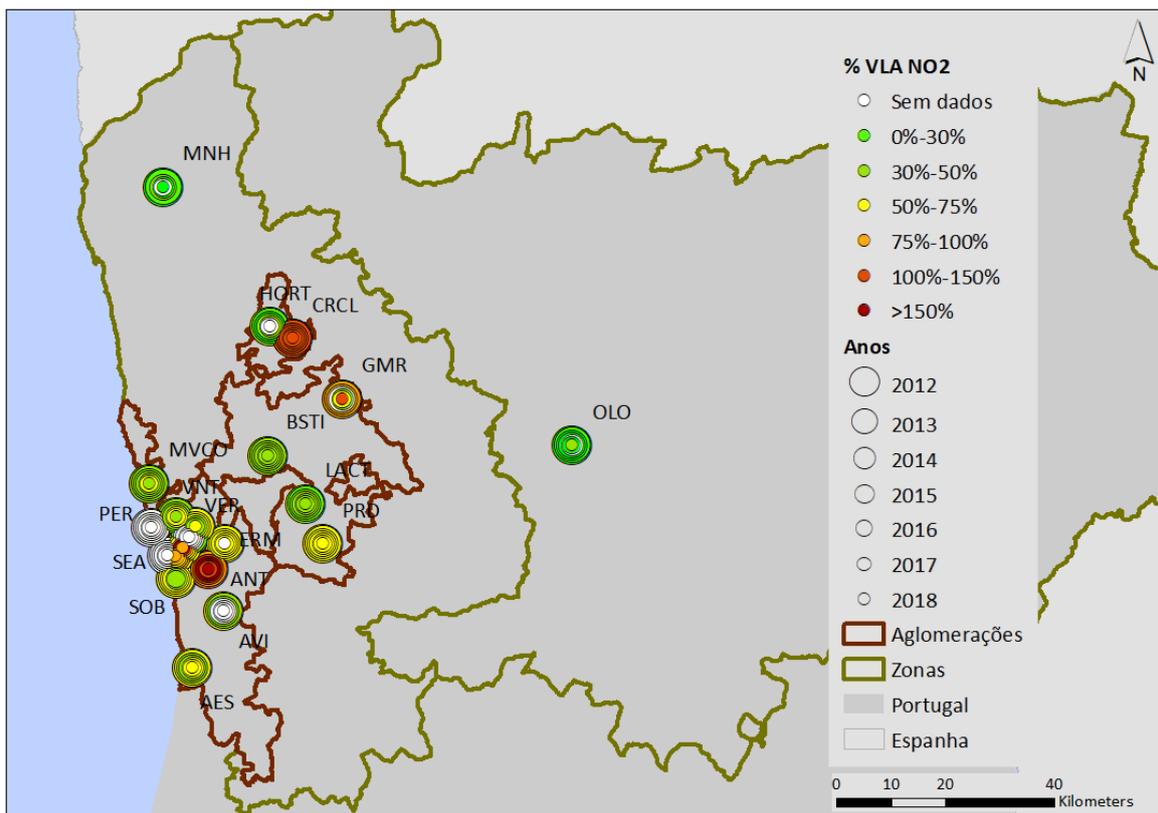


Figura 25. Evolução das excedências ao valor limite anual (VLA) de NO₂ (o de mais difícil cumprimento), entre 2012 e 2018, expresso em percentagem do valor limite para as estações da região Norte

Os problemas de incumprimento do valor limite anual de NO₂ centram-se em duas estações de tráfego localizadas em aglomerações. A Figura 26 resume a situação de inconformidade legal apurada para o NO₂, expressa através da necessidade de redução da concentração média anual, face ao respetivo valor limite, nas estações de tráfego de Francisco Sá Carneiro-Campanhã e Frei Bartolomeu Mártires-S.Vitor (CRCL).

Nos três anos mais recentes de dados (2016-2018) verifica-se que:

- as necessidades de redução de NO₂ são mais prementes para a estação de Francisco Sá Carneiro-Campanhã, uma vez que esta está, em média, 59% acima do valor limite anual. O esforço de redução de concentrações nesta estação é ainda significativo;
- a necessidade média de redução de concentrações de NO₂ em Frei Bartolomeu Mártires-S.Vitor (CRCL) é de 33%, de modo a garantir o cumprimento do valor limite anual de NO₂;
- uma análise preliminar, dos dados não validados de 2019, parece indicar uma significativa melhoria na estação de Francisco Sá Carneiro-Campanhã (ANT) (média anual de 45 µg/m³ em 2019) e uma pior situação na estação de Frei Bartolomeu Mártires-S.Vitor (CRCL) (média anual de 57 µg/m³ em 2019).

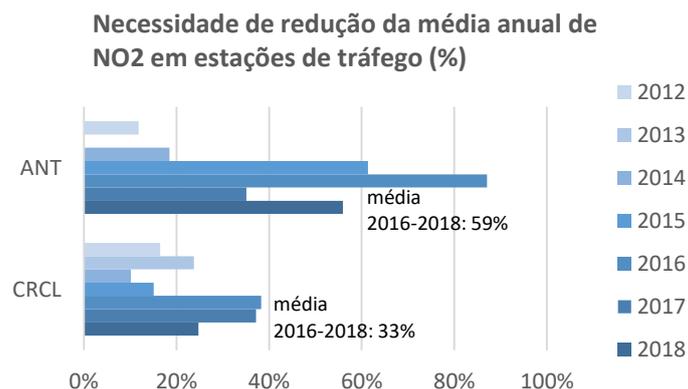


Figura 26. Necessidade de redução das concentrações de NO₂ de modo a cumprir o valor limite anual (%)

5.3.2 Partículas em suspensão (PM₁₀)

Na Tabela 13 apresenta-se a verificação da situação de conformidade legal das partículas PM₁₀ face aos parâmetros valor limite anual (VLA) de 40 µg/m³ e valor limite diário (VLD) de 50 µg/m³, representando-se o indicador média anual¹⁰ e número de dias em excedência (sendo o máximo permitido de 35), respetivamente, para o período de 2012 a 2018.

As maiores dificuldades, no cumprimento legal relativo ao PM₁₀, centraram-se no valor limite de base diária, em estações de tráfego e fundo da aglomeração do Porto Litoral, mas apenas entre 2012 e 2014, face ao período em estudo (Figura 27). A tendência mais recente é de melhoria na situação de conformidade legal, com menor número de excedências aos VL legislados, mas de necessidade de melhoria na cobertura de dados anuais da rede, já que as eficiências estão frequentemente abaixo dos 85% exigidos para medições fixas.

¹⁰ O Decreto-Lei n.º 102/2010 prevê ainda a utilização de uma metodologia de desconto dos contributos devidos a fontes naturais de poluição nas concentrações de PM₁₀, aquando da avaliação de conformidade em relação aos valores limite deste poluente. Os dados apresentados em Tabela não contemplam o desconto devido a fontes naturais (transporte de poeiras com origem no Norte de África).

Tabela 13. Verificação da conformidade legal face aos parâmetros valor limite anual e valor limite diário de PM₁₀ (indicadores: média anual em µg/m³ e n.º de dias em excedência)

Zona	Tipo	Estação	Estação (abreviatura)	Tipo medição	PM ₁₀						
					2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Verificação do cumprimento do VLA de 40 µg/m ³ (indicador média anual)											
Porto Litoral (a)	F	Anta-Espinho	AES	Fixa	23	40	29	18	14	10	12
	F	Avintes	AVI	Indicativa	23	21	13	11	-	16	19
	F	Custóias-Matosinhos	CUS	Indicativa	20	21	15	18	14	-	-
	F	Ermesinde-Valongo	ERM	Indicativa	25	25	22	15	22	21	18
	F	Leça do Balio-Matosinhos	LEC	Indicativa	26	22	16	20	19	14	19
	F	Mindelo-Vila do Conde	MVCO	Indicativa	24	24	19	17	15	14	13
	F	Sobreiras-Lordelo do Ouro	SOB	Fixa	27	22	18	18	-	17	17
	F	VNTELha-Maia	VNT	Indicativa	33	-	12	16	16	-	-
	I	Meco-Perafita	PER	Fixa	31	28	24	22	17	19	18
	I	Seara-Matosinhos	SEA	Indicativa	-	22	-	19	19	21	21
	T	D.Manuel II-Vermoim	VER	Fixa	28	21	15	16	12	15	19
	T	Francisco Sá Carneiro-Campanhã	ANT	Fixa	27	25	18	19	16	19	18
T	João Gomes Laranjo-S.Hora	HOR	Fixa	27	25	21	21	20	21	18	
Entre Douro e Minho (a)	F	Burgães-Santo Tirso	BSTI	Fixa	13	14	10	19	-	14	18
	F	Frossos-Braga	HORT	Fixa	20	15	14	14	18	9	10
	F	Paços de Ferreira	LACT	Fixa	22	26	11	22	24	23	22
	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém	GMR	Fixa	20	14	7	-	-	21	19
	T	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	CRCL	Fixa	22	15	12	17	17	15	19
T	Pe Moreira Neves-Castelões de Cepeda	PRD	Fixa	21	23	13	20	11	11	10	
Norte Litoral	RF	Minho-Lima	MNH	Indicativa	9	9	-	14	10	-	10
Norte Interior	RF	Douro Norte	OLO	Indicativa	13	13	16	18	6	9	9
Verificação do cumprimento do VLD de 50 µg/m ³ (indicador n.º de excedências. máx. permitido: 35)											
Porto Litoral (a)	F	Anta-Espinho	AES	Fixa	19	36	38	3	4	2	0
	F	Avintes	AVI	Indicativa	27	13	0	1	-	0	7
	F	Custóias-Matosinhos	CUS	Indicativa	16	17	1	2	0	-	-
	F	Ermesinde-Valongo	ERM	Indicativa	20	20	8	2	6	1	3
	F	Leça do Balio-Matosinhos	LEC	Indicativa	27	21	0	2	7	0	1
	F	Mindelo-Vila do Conde	MVCO	Indicativa	31	18	10	6	2	0	0
	F	Sobreiras-Lordelo do Ouro	SOB	Fixa	38	19	8	6	-	1	2
	F	VNTELha-Maia	VNT	Indicativa	46	-	1	5	4	-	-
	I	Meco-Perafita	PER	Fixa	47	29	12	8	0	1	0
	I	Seara-Matosinhos	SEA	Indicativa	-	7	-	1	0	4	5
	T	D.Manuel II-Vermoim	VER	Fixa	55	17	10	4	2	0	0
	T	Francisco Sá Carneiro-Campanhã	ANT	Fixa	32	15	0	2	1	3	4
T	João Gomes Laranjo-S.Hora	HOR	Fixa	39	16	2	0	3	3	2	
Entre Douro e Minho (a)	F	Burgães-Santo Tirso	BSTI	Fixa	3	5	0	7	0	1	1
	F	Frossos-Braga	HORT	Fixa	13	3	2	3	0	0	0
	F	Paços de Ferreira	LACT	Fixa	11	9	0	5	8	3	6
	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém	GMR	Fixa	21	1	0	-	-	0	0
	T	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	CRCL	Fixa	19	8	1	2	0	0	0
T	Pe Moreira Neves-Castelões de Cepeda	PRD	Fixa	17	9	0	8	1	0	0	
Norte Litoral	RF	Minho-Lima	MNH	Indicativa	1	2	-	1	0	-	0
Norte Interior	RF	Douro Norte	OLO	Indicativa	1	0	0	1	0	0	3

Legenda: (a): a zona é uma aglomeração, T: Tráfego, I: Industrial, F: Fundo, RF: Rural de Fundo, '-': estação sem dados, Valores a cinza: estação com taxa de recolha inferior a 85% do ano, **Valores a vermelho:** situação de ultrapassagem efetiva do valor limite.

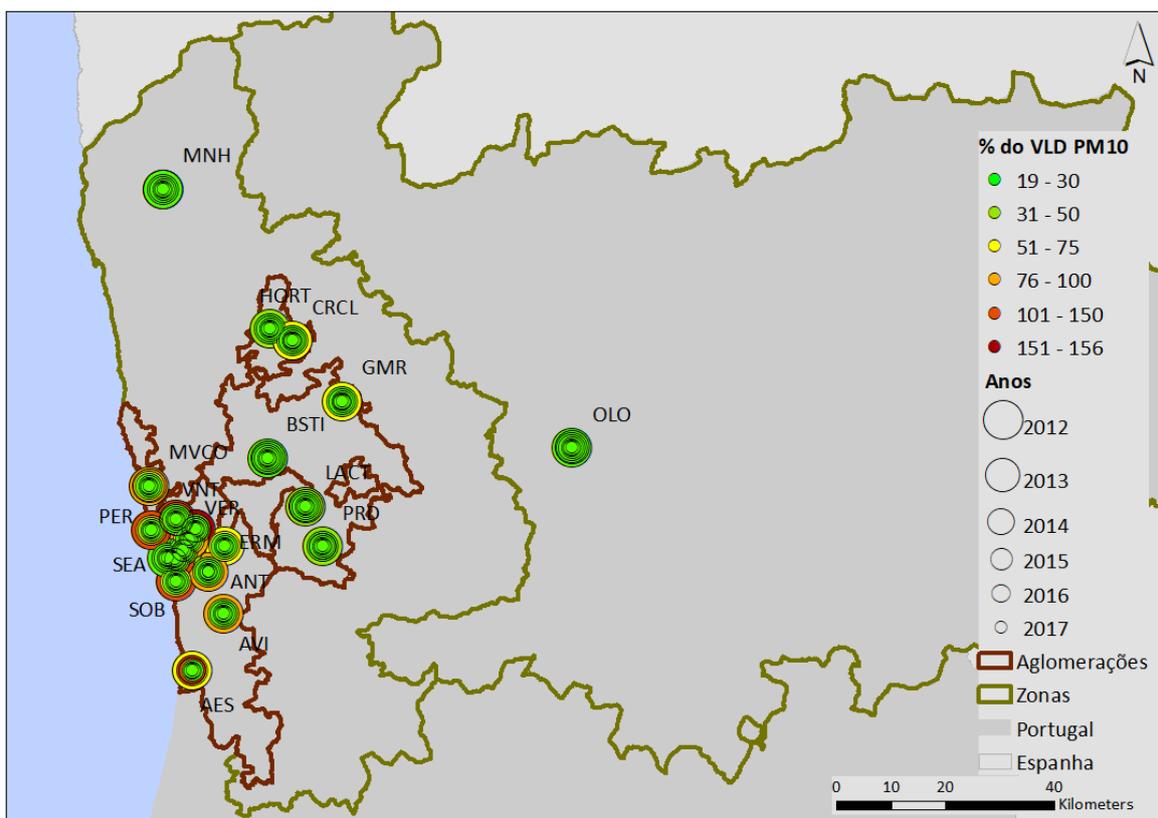


Figura 27. Evolução das excedências ao valor limite diário (VLD) de PM₁₀ (o de mais difícil cumprimento), entre 2012 e 2018, expresso em percentagem das excedências ao valor limite para as estações da região Norte

5.3.3 Ozono (O₃)

Na Tabela 14 apresenta-se a verificação da situação de conformidade legal do O₃ face ao valor alvo (VA) de 120 µg/m³ (máximo diário de médias móveis octo-horárias) definido para a proteção da saúde humana, bem como, a verificação das ultrapassagens ao limiar de informação ao público (LInfo) de 180 µg/m³, representando-se o indicador número de dias em excedência (sendo o máximo permitido de 25, em média para 3 anos) e o número de horas em excedência, respetivamente.

Relativamente aos parâmetros legislados para o ozono, há a assinalar ultrapassagens ao valor alvo, em reduzido número em aglomerações e, em maior número de dias, fora das aglomerações em localizações rurais e fundo (nas estações de Minho-Lima e Douro Norte). A tendência de evolução não é clara, apesar do elevado número de ultrapassagens registado em 2012 e 2013 não ter voltado a ocorrer.

Em relação às ultrapassagens do limiar de informação ao público, estas têm sido frequentes, em anos mais recentes (de 1 a 7 ocorrências, desde 2016) para além da estação rural de fundo Douro Norte, nas aglomerações, com ênfase nas estações urbanas de fundo de Leça do Balio e Burgães-Santo Tirso.

A estação de Lamas de Olo destaca-se no número de ultrapassagens ao valor alvo. Trata-se de uma estação rural de fundo, localizada em altitude, cujos fenómenos de mesoescala (contando com a influência de precursores com origem em Espanha) contribuem para a formação de ozono.

Tabela 14. Verificação da conformidade legal face ao valor alvo de O₃ (indicador: n.º de dias em excedência) e ultrapassagens ao limiar de informação ao público (indicador: n.º de horas em excedência)

Zona	Tipo	Estação	Estação (abreviatura)	Tipo medição	O ₃						
					2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Verificação das ultrapassagens ao LInfo de 180 µg/m ³ (indicador n.º de excedências)											
Porto Litoral (a)	F	Anta-Espinho	AES	Fixa	0	1	0	0	0	0	0
	F	Avintes	AVI	Fixa	0	0	0	0	0	0	0
	F	Custóias-Matosinhos	CUS	Fixa	0	6	0	0	0	-	-
	F	Ermesinde-Valongo	ERM	Fixa	0	6	0	0	0	0	0
	F	Leça do Balio-Matosinhos	LEC	Fixa	0	0	0	0	6	0	7
	F	Mindelo-Vila do Conde	MVCO	Fixa	0	0	0	0	-	-	-
	F	Sobreiras-Lordelo do Ouro	SOB	Fixa	0	0	0	0	0	0	1
	F	VNTELha-Maia	VNT	Fixa	0	1	0	0	0	0	0
	I	Meco-Perafita	PER	Fixa	0	0	0	0	2	-	-
	I	Seara-Matosinhos	SEA	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	D.Manuel II-Vermoim	VER	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	Francisco Sá Carneiro-Campanhã	ANT	NA	-	-	-	-	-	-	-
T	João Gomes Laranjo-S.Hora	HOR	NA	-	-	-	-	-	-	-	
Entre Douro e Minho (a)	F	Burgães-Santo Tirso	BSTI	Fixa	0	7	0	0	0	4	0
	F	Frossos-Braga	HORT	Fixa	3	9	0	0	0	0	0
	F	Paços de Ferreira	LACT	Fixa	0	0	0	0	0	0	0
	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém	GMR	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	CRCL	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	Pe Moreira Neves-Castelões Cepeda	PRD	NA	-	-	-	-	-	-	-
Norte Litoral	RF	Minho-Lima	MNH	Fixa	0	1	0	0	0	-	0
Norte Interior	RF	Douro Norte	OLO	Fixa	16	18	0	0	6	3	3
Verificação do cumprimento do VA de 120 µg/m ³ (indicador n.º de excedências. máx. permitido: 25, média de 3 anos)											
Porto Litoral (a)	F	Anta-Espinho	AES	Fixa	1	7	0	1	1	1	6
	F	Avintes	AVI	Fixa	5	3	1	0	0	2	4
	F	Custóias-Matosinhos	CUS	Fixa	2	14	0	2	0	-	-
	F	Ermesinde-Valongo	ERM	Fixa	2	9	0	2	4	0	-
	F	Leça do Balio-Matosinhos	LEC	Fixa	0	3	0	2	10	1	6
	F	Mindelo-Vila do Conde	MVCO	Fixa	3	8	0	0	-	-	-
	F	Sobreiras-Lordelo do Ouro	SOB	Fixa	2	3	0	0	1	0	1
	F	VNTELha-Maia	VNT	Fixa	1	8	0	2	2	5	0
	I	Meco-Perafita	PER	Fixa	3	4	1	0	3	-	-
	I	Seara-Matosinhos	SEA	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	D.Manuel II-Vermoim	VER	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	Francisco Sá Carneiro-Campanhã	ANT	NA	-	-	-	-	-	-	-
T	João Gomes Laranjo-S.Hora	HOR	NA	-	-	-	-	-	-	-	
Entre Douro e Minho (a)	F	Burgães-Santo Tirso	BSTI	Fixa	6	11	1	2	2	16	3
	F	Frossos-Braga	HORT	Fixa	15	19	2	9	13	2	0
	F	Paços de Ferreira	LACT	Fixa	15	0	0	0	0	0	0
	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém	GMR	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	Fr Bartolomeu Mártires-S.Vitor	CRCL	NA	-	-	-	-	-	-	-
	T	Pe Moreira Neves-Castelões Cepeda	PRD	NA	-	-	-	-	-	-	-
Norte Litoral	RF	Minho-Lima	MNH	Fixa	28*	35*	0	0	0	-	0
Norte Interior	RF	Douro Norte	OLO	Fixa	31**	36*	10	1	17	14	17
Legenda: (a): a zona é uma aglomeração, T: Tráfego, I: Industrial, F: Fundo, RF: Rural de Fundo, NA: Não Aplicável, '-': estação sem dados, Valores a cinza: estação com taxa de recolha inferior a 85% do ano, Valores fundo laranja: situação de ultrapassagem do limiar de informação, Valores a vermelho: situação de ultrapassagem efetiva ao valor alvo, * ultrapassagem do VA anual mas não ultrapassadas as 25 excedências médias em 3 anos, ** ultrapassagem do VA anual e em média em 3 anos.											

5.3.4 Apreciação global

No presente subcapítulo efetua-se um resumo das situações de ultrapassagem aos parâmetros definidos na legislação para a proteção da saúde humana de NO_2 , PM_{10} e O_3 .

A Tabela 15 apresenta um resumo das situações de inconformidade legal/excedências, detetadas entre 2012 e 2018 na rede de monitorização da região Norte, bem como, observações associadas ao nível da tendência de melhoria da qualidade do ar verificada, necessidade de estudo dos critérios de microlocalização de estações, ou investigação acerca da sua representatividade.

Em relação às PM_{10} verifica-se uma tendência de melhoria, não havendo situações de inconformidade legal a assinalar desde 2015. Para os poluentes PM_{10} e O_3 têm ocorrido excedências ao valor limite diário e valor alvo, respetivamente, mas dentro do número permitido pela legislação. Para o NO_2 subsistem problemas de inconformidade legal, face ao cumprimento do valor limite anual.

Tabela 15. Resumo das situações de inconformidade legal aos valores limite de NO₂ e PM₁₀ e com excedências ao limiar de informação ao público de O₃, entre 2012 e 2018

Zona	Tipo/ Estação	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Observações
Porto Litoral (a)	F AES	-	VLD PM10 LInfo O3	VLD PM10	-	-	-	-	Episódios de poluição em 2013 e 2014. Apresenta tendência de melhoria para PM ₁₀ e O ₃
	F AVI	-	-	-	-	-	-	-	-
	F CUS	-	LInfo O3	-	-	-	VLA NO2	-	Fraca eficiência em todos os poluentes desde 2016, mesmo para medições indicativas
	F ERM	-	LInfo O3	-	-	-	-	-	-
	F LEC	-	-	-	-	LInfo O3	-	LInfo O3	Episódios frequentes de O ₃ Investigar representatividade
	F MVCO	-	-	-	-	-	-	-	-
	F SOB	VLD PM10	-	-	-	-	-	LInfo O3	Melhoria para PM ₁₀ com redução de excedências ao VLD. O ₃ com uma ultrapassagem recente ao LInfo (apenas 1 hora em 7 anos de dados)
	F VNT	VLD PM10	LInfo O3	-	-	-	-	-	Melhoria para PM ₁₀ e O ₃
	I PER	VLD PM10	-	-	-	LInfo O3	-	-	Melhoria para PM ₁₀ e O ₃ (sem medições de O ₃ desde 2017)
	I SEA	-	-	-	-	-	-	-	-
	T VER	VLD PM10	-	-	-	-	-	-	-
	T ANT	VLA NO2	-	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2
T HOR	VLD PM10	-	-	-	-	-	-	-	
Entre Douro e Minho (a)	F BSTI	-	LInfo O3	-	-	-	LInfo O3	-	Episódios de O ₃ com máximos elevados Investigar representatividade
	F HORT	LInfo O3	LInfo O3	-	-	-	-	-	Apresenta melhoria para O ₃
	F LACT	-	-	-	-	-	-	-	-
	T GMR	-	-	-	-	-	-	VLA NO2	-
	T CRCL	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2	VLA NO2	Problema de poluição de NO ₂ Investigar microlocalização
	T PRD	-	-	-	-	-	-	-	-
Norte Litoral	RF MNH	-	LInfo O3	-	-	-	-	-	-
Norte Interior	RF OLO	LInfo O3	LInfo O3	-	-	LInfo O3	LInfo O3	LInfo O3	Estação rural de fundo com níveis de O ₃ elevados, apresentando melhoria no n.º de horas em excedência ao LInfo

Legenda: (a): a zona é uma aglomeração, T: Tráfego, I: Industrial, F: Fundo, RF: Rural de Fundo, '-': sem situações de inconformidade legal a assinalar, Valores a cinza: estação com taxa de recolha inferior a 85% do ano,
VLA NO₂: estação em inconformidade legal relativamente ao valor limite anual de NO₂ (média anual >50 µg/m³)
VLD PM₁₀: estação em inconformidade legal relativamente ao valor limite diário de PM₁₀ (>35 excedências)
LInfo O₃: estação com excedências ao limiar de informação ao público de O₃ (média horária >180 µg/m³)
VLD PM₁₀, LInfo O₃: estação em inconformidade legal relativamente ao VLD de PM₁₀ e com excedências ao LInfo de O₃

Relativamente às excedências contabilizadas em base horária (ao valor limite horário de NO₂ e ao limiar de informação ao público de O₃), apresentam-se os respetivos perfis típicos de ocorrência por hora do dia (Figura 28). Complementa-se esta análise com as excedências por dia da semana (de NO₂ e PM₁₀) e de acordo com a estação do ano¹¹ (Figura 29 e Figura 30). A análise gráfica diz respeito à soma de todas as excedências ocorridas em todas as estações. De acordo com os resultados obtidos verifica-se que:

- ▶ Distribuição do total de excedências por hora do dia:
 - em relação ao NO₂, o pico de ocorrência de maior número de excedências ao VLH na aglomeração do Porto Litoral ocorre ao final do dia (entre as 19H e as 21H), enquanto que em Entre Douro e Minho ocorre de manhã (9H). Em ambos os casos a prevalência de excedências ocorre durante as horas de ponta de maior tráfego (da manhã e da tarde);
 - em relação ao O₃, em aglomerações o pico de ultrapassagens ao LInfo ocorre mais cedo do que nas zonas, sendo que nestas últimas as excedências prolongam-se por horas mais tardias (abrangendo o fim de tarde e noite);
- ▶ Distribuição do total de excedências por dia da semana:
 - relativamente ao NO₂ no Porto Litoral, o pico de excedências ocorre à 5ªF e 6ªF, mas para as PM₁₀ as ultrapassagens ao VLD ocorrem de forma distribuída pelos dias da semana;
 - na aglomeração de Entre Douro e Minho as excedências de NO₂ e PM₁₀ ocorrem de forma mais distribuída e uniforme durante a semana;
 - o poluente PM₁₀ regista ocorrências frequentes também nos dias de fim-de-semana, não estando assim tão diretamente relacionado com os níveis de tráfego rodoviário, refletindo uma influência de carácter mais abrangente e não tão localizada como para o NO₂;
- ▶ Distribuição do total de excedências por estação do ano:
 - as ultrapassagens aos valores limite ocorrem maioritariamente durante o Inverno no caso do NO₂ e das PM₁₀ e integralmente no Verão no caso do O₃.

¹¹ Em termos de análise de dados de qualidade do ar considera-se o período de Verão compreendido entre 01/04 e 30/09, sendo os restantes meses do ano considerados como período de Inverno.

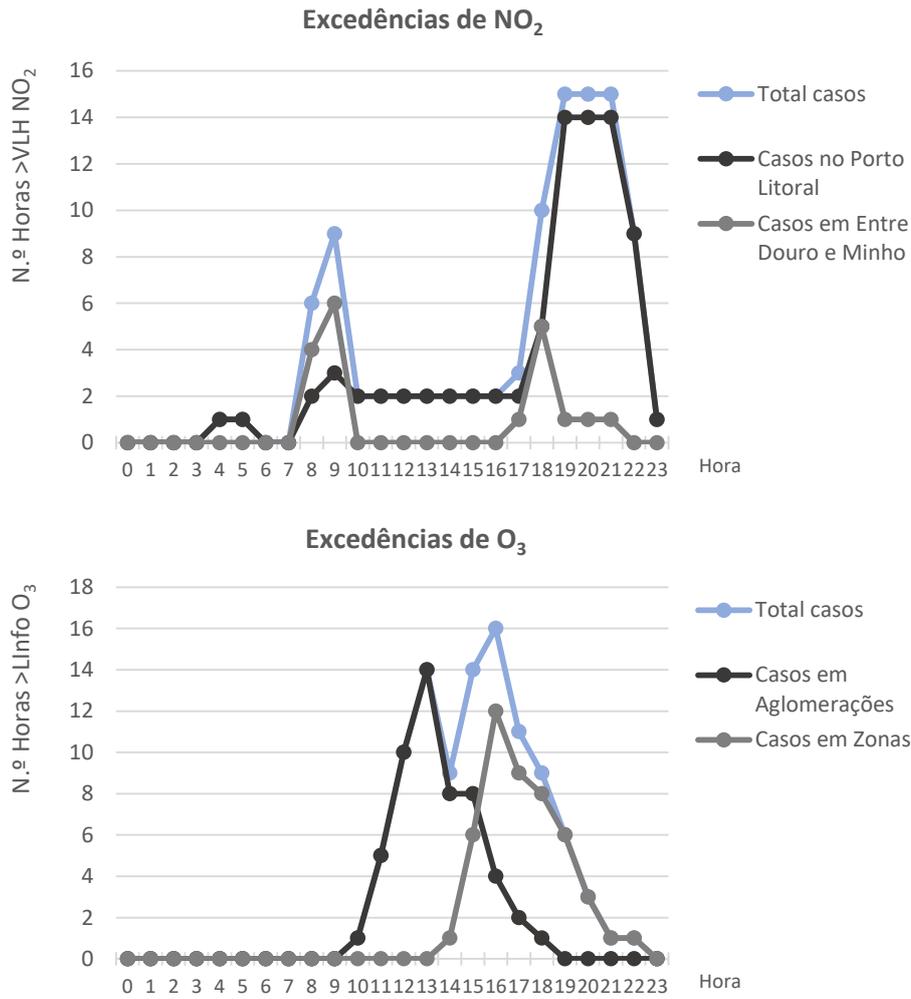


Figura 28. Perfis de excedências de NO₂ e O₃, ocorridas entre 2012 e 2018, por hora do dia

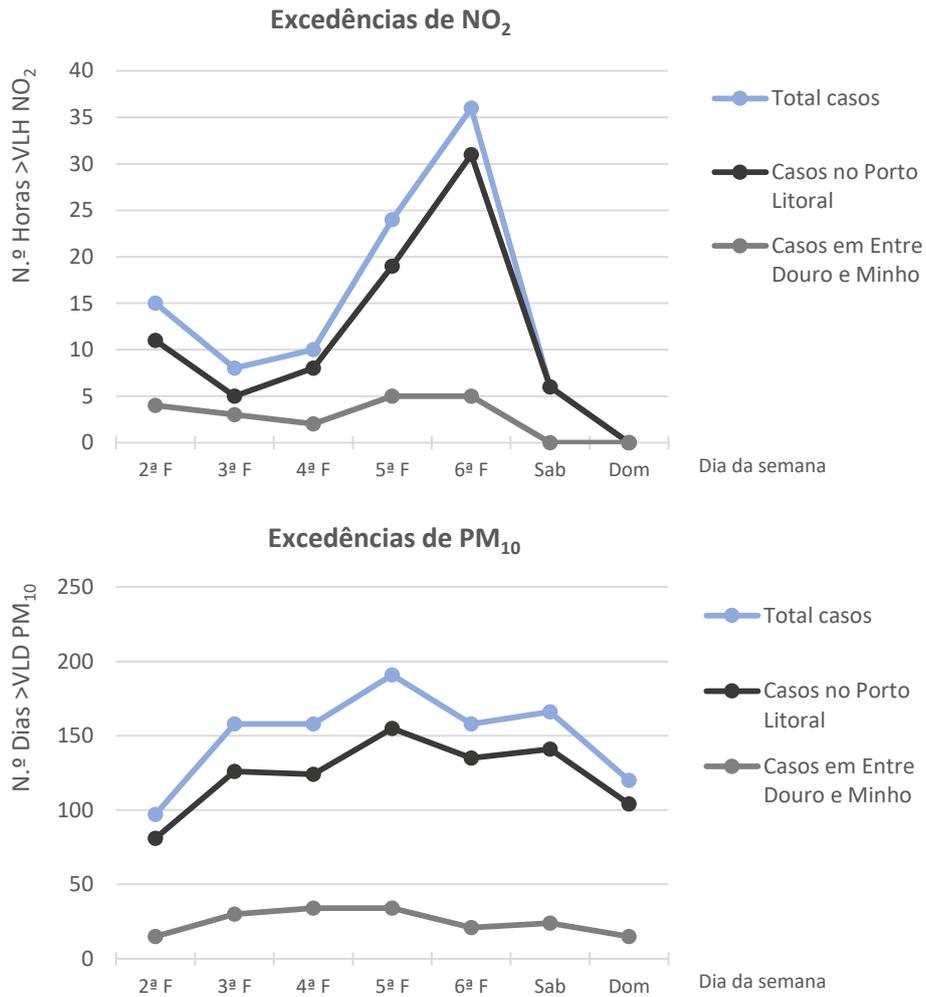


Figura 29. Perfis de excedências de NO₂ e PM₁₀, ocorridas entre 2012 e 2018, por hora do dia

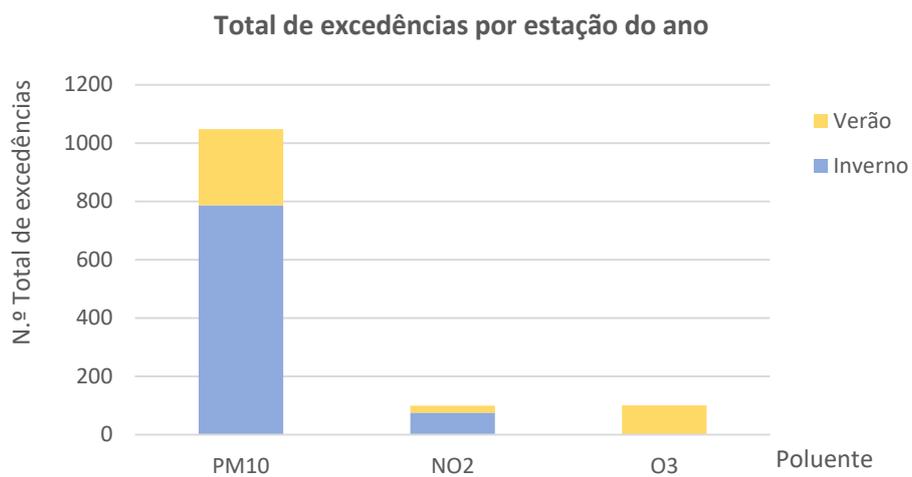


Figura 30. Número total de excedências de NO₂, PM₁₀ e O₃, ocorridas entre 2012 e 2018, por estação do ano



Destaques: A verificação das situações de excedência aos valores limite de NO₂ e PM₁₀ e ao valor alvo de O₃ permite identificar os problemas de qualidade do ar que representam maior risco de exposição para a população e conseqüentemente maior perigo para a saúde humana. Desta análise destacam-se os seguintes aspetos:

- ▶ Para os poluentes PM₁₀ e O₃ têm ocorrido excedências ao valor limite diário e valor alvo, respetivamente, mas dentro do número permitido pela legislação. Para o NO₂ subsistem problemas de inconformidade legal, face ao cumprimento do valor limite anual.
- ▶ O esforço de redução da média anual de NO₂, de modo a cumprir o VLA em estações de tráfego e face aos dados obtidos entre 2016 e 2018, é de 59% no Porto e de 33% em Braga.
- ▶ As excedências de NO₂ ocorrem com maior prevalência durante as horas de ponta de maior tráfego e com maior incidência à 5^aF e 6^aF. Já o poluente PM₁₀ tem um perfil mais esbatido durante toda a semana, não estando tão diretamente relacionado com os níveis de tráfego rodoviário, refletindo uma influência de caráter mais abrangente e não tão localizada como para o NO₂.
- ▶ As ultrapassagens aos valores limite ocorrem maioritariamente durante o Inverno no caso do NO₂ e das PM₁₀ e integralmente no Verão no caso do O₃.

5.4 Análise de episódios de poluição

Nesta secção pretendeu-se seleccionar os dias em que se verificou a ocorrência de episódios de excedência aos valores limite de PM₁₀ e NO₂ e ao limiar de informação ao público de O₃ (identificados e resumidos no sub-capítulo anterior), de forma a caracterizar a sua ocorrência na região Norte e a compreender as condições atmosféricas prevalentes associadas (comparando parâmetros meteorológicos face aos dos dias em que não foram identificados níveis elevados de poluentes). De modo a permitir uma análise mais abrangente dos episódios de poluição, estes foram classificados de acordo com diferentes critérios, dependendo do tipo de poluente em causa. A seleção dos dias a incluir em cada tipo de episódio obedeceu aos seguintes critérios:

- episódios de poluição de NO₂: foram seleccionados os dias em que se registou uma ou mais excedências horárias ao valor limite horário (VLH) de NO₂ em pelo menos uma das estações da região Norte;
- episódios de poluição de PM₁₀: foram seleccionados os dias em que se registou uma excedência ao valor limite diário (VLD) de PM₁₀ em pelo menos uma das estações da região Norte;
- episódios de poluição de O₃: foram seleccionados os dias em que se registou uma ou mais excedências horárias ao limiar de informação ao público (LInfo) de O₃ em pelo menos uma das estações da região Norte;
- desta forma, para cada episódio não se soma o total de excedências ocorrido em estações mas sim sinaliza-se o número de dias em que ocorreu pelo menos uma ultrapassagem em alguma das estações da região, permitindo avaliar as condições prevalentes nos dias de fraca qualidade do ar.

De forma a caracterizar a ocorrência de episódios de poluição como um todo, na Tabela 16 agregaram-se os dias em que ocorreram excedências, entre 2012 e 2018, por tipologia de estação (por exemplo, número de dias em que ocorreu pelo menos uma excedência em alguma das estações do tipo Tráfego), e na Tabela 17 por zonas e aglomerações (por exemplo, número de dias em que ocorreu pelo menos uma excedência em alguma das estações da aglomeração do Porto Litoral), designando-se estes casos abreviadamente por “Episódio” (correspondendo ao número de dias em que ocorreram as excedências previamente descritas).

Em relação aos episódios por poluente e por tipo de fonte de emissão dominante (tipologia de estação), verifica-se que:

- **NO₂:**
 - Os episódios de poluição por NO₂ ocorrem maioritariamente no Inverno (74%) e em estações de Tráfego (em 40 dos 54 episódios);
 - As excedências em locais de Tráfego e de outras tipologias (como o Fundo Urbano/Suburbano) nunca ocorrem em simultâneo (exceto em 1 caso);
 - Estes episódios de poluição refletem assim um **carácter de poluição local, de influência marcada pelo tráfego rodoviário;**
- **PM₁₀:**
 - Os episódios de poluição de PM₁₀ são os mais frequentes, tendo uma ocorrência média anual de 13% (335 dias entre 2012 e 2018);
 - A maioria das ocorrências de episódios de poluição por PM₁₀ ocorre em estações de Fundo (Urbano/Suburbano), e em menor número em estações de Tráfego;

- Estes episódios afetam frequentemente, em simultâneo, estações de Fundo e estações de outras tipologias, tendo-se contabilizado 113 episódios comuns, o que representa 44% das excedências ocorridas em Fundo;
- Estes episódios refletem um **carácter de poluição regional**, de **influência de vários tipos de fontes de emissão**;
- **O₃**:
 - Os episódios de O₃ são os menos frequentes, têm ocorrido sempre durante o período de Verão (em qualidade do ar considerado entre 01/04 a 30/09), com prevalência em locais de Fundo Rural (55%) mas também em localizações de Fundo Urbano ou Suburbano (44%);
 - Os dias em que ocorreram episódios de O₃ registados em estações Rurais de Fundo não foram os mesmos em que se registaram episódios de poluição em locais Urbanos de Fundo, ou seja, os **fenómenos que governam concentrações elevadas em meio rural não são os mesmos que conduzem a níveis elevados em meios urbanos**, o que é explicado pela química complexa que rege as reações de formação ou destruição de ozono à superfície.

Em relação aos episódios por poluente e por zonas e aglomerações, verifica-se que:

- **NO₂**:
 - Os episódios de poluição de NO₂ ocorreram maioritariamente na aglomeração do Porto Litoral. As excedências ao valor limite de NO₂ na aglomeração de Entre Douro e Minho (EDM) ocorreram maioritariamente na estação de Circular Sul;
 - As **excedências em ambas as aglomerações nunca ocorrem em simultâneo**, refletindo assim o carácter de **episódios de poluição local**, associados a **zonas mais densamente povoadas**.
- **PM₁₀**:
 - Os episódios de poluição por partículas PM₁₀ foram mais frequentes na aglomeração do Porto Litoral, seguindo-se em Entre Douro e Minho;
 - Em relação aos episódios registados na aglomeração de EDM, estes ocorreram, em 58% dos casos, simultaneamente a episódios também registados no PL. 25% Dos episódios de PM₁₀ no PL foram acompanhados por episódios noutras zonas;
 - Em relação às zonas do Norte Litoral e Norte Interior, com 9 episódios de poluição por PM₁₀, estes ocorreram em simultâneo com excedências nas aglomerações.
 - Assim, verifica-se que, ao contrário do que sucede para o NO₂, os episódios de poluição por partículas PM₁₀ têm um **carácter regional, de maior abrangência espacial**.
- **O₃**:
 - Os episódios de poluição por O₃ ocorrem maioritariamente na estação rural de fundo da zona Norte Interior (22 dias), e em número semelhante dentro das aglomerações (18 dias);
 - Estes episódios registados na zona Norte Interior ocorreram isoladamente face às restantes zonas. Já a aglomeração de EDM tem 27% dos episódios de O₃ comuns com os ocorridos no PL.
 - Assim, verifica-se que as **condições que conduzem à formação de níveis elevados de O₃ na zona Norte Interior são distintas dos processos de formação de O₃ em aglomerações**.

Avaliando a ocorrência de episódios de concentrações de vários poluentes, que tenham ocorrido em simultâneo (registados num mesmo dia), verificou-se que:

- **Episódios de NO₂ e PM₁₀:** avaliando-se os episódios de NO₂ e de PM₁₀ ocorridos em simultâneo (registados num mesmo dia), obtêm-se 28 dias em comum, o que representa 52% dos episódios de NO₂, e 8% dos episódios de PM₁₀. Ou seja, **quando há excedências ao valor limite horário de NO₂, num determinado dia, em aglomerações, há alguma probabilidade de que possa ocorrer também uma excedência ao valor limite diário de PM₁₀** (o que sucedeu em 52% dos casos);
- **Episódios de PM₁₀ e O₃:** Avaliando-se os episódios de PM₁₀ e de O₃ ocorridos em simultâneo (registados num mesmo dia), obtêm-se 22 dias em comum, o que representa 7% dos episódios de PM₁₀ e 59% dos episódios de O₃. Ou seja, **quando há excedências de O₃ que ocorrem em aglomerações, é provável que nesse dia também ocorra uma excedência ao valor limite diário de PM₁₀** (o que sucedeu em 59% dos casos);
- **Episódios de O₃ e NO₂:** Ocorreram 3 dias de episódios simultâneos de NO₂ e O₃ em aglomerações da região Norte, em dias muito quentes de Verão. De um modo geral **não é provável que ocorram excedências destes dois poluentes em simultâneo.**

Tabela 16. Caracterização de episódios de poluição de NO₂, PM₁₀ e O₃ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte, por tipologia de estação

NO ₂		PM ₁₀		O ₃	
Tipo de episódio	Número de episódios (dias)	Tipo de episódio	Número de episódios (dias)	Tipo de episódio	Número de episódios (dias)
NO₂	54 (74% no Inverno, 26% no Verão)	PM₁₀	335 (69% no Inverno, 31% no Verão)	O₃	37 (100% no Verão)
NO ₂ _Tráfego (T)	40	PM ₁₀ _Tráfego (T)	153	O ₃ _Rural de Fundo (RF)	22
NO ₂ _Fundo Urbano ou Suburbano (F)	17	PM ₁₀ _Fundo Urbano ou Suburbano (F)	256	O ₃ _Fundo Urbano ou Suburbano (F)	18
NO ₂ _Industrial (I)	0	PM ₁₀ _Industrial (I)	112	O ₃ _Industrial (I)	1
NO ₂ _Rural de Fundo (RF)	0	PM ₁₀ _Rural de Fundo (RF)	9	O ₃ _Tráfego (T)	0
NO ₂ _T	40	PM ₁₀ _F	256	O ₃ _RF	22
NO ₂ _F, I, RF	17	PM ₁₀ _T, I, RF	205	O ₃ _F, I, T	18
NO ₂ _Episódios comuns a T e F,I,RF	1	PM ₁₀ _Episódios comuns a F e T,I,RF	113	O ₃ _Episódios comuns a RF e F,I,T	1
Comentário: <ul style="list-style-type: none"> • Episódios de NO₂ ocorrem maioritariamente no Inverno (74%) e em estações de Tráfego (em 40 dos 54 episódios). • Excedências em locais de diferentes tipologias (T,F,I,RF) nunca ocorrem em simultâneo (exceto 1 caso). • Episódios refletem poluição de carácter local, de influência marcada pelo tráfego rodoviário. 		Comentário: <ul style="list-style-type: none"> • Episódios de PM₁₀ são os mais frequentes (em média durante 13% do ano). • Maioria das ocorrências é em estações de Fundo (Urbano/ Suburbano), e em menor número em estações de Tráfego. • Episódios afetam frequentemente, em simultâneo, estações de Fundo e de outras tipologias (113 episódios comuns, representando 44% das excedências ocorridas em Fundo). • Episódios refletem poluição de carácter regional, de influência de vários tipos de fontes de emissão. 		Comentário: <ul style="list-style-type: none"> • Episódios de O₃ são os menos frequentes, ocorrem sempre durante o Verão, com prevalência em locais de Fundo Rural (55%) mas também em localizações de Fundo Urbano ou Suburbano (44%). • Episódios de O₃ registados em estações RF são distintos dos registados em locais Urbanos de Fundo, ou seja, os fenómenos que governam concentrações elevadas em meio rural não são os mesmos que conduzem a níveis elevados em meios urbanos. 	
Legenda: ‘poluente’_Tráfego (‘poluente’_Fundo Urbano ou Suburbano/ ‘poluente’_Industrial/ ‘poluente’_Rural de Fundo): número de dias de episódios, de um poluente, ocorridos apenas em estações de Tráfego (de Fundo Urbano ou Suburbano/ Industriais/ Rurais de Fundo). T-Tráfego, I-Industrial, F-Fundo Urbano e Suburbano, RF-Rural de Fundo. ‘F,I, RF’: número de dias de episódios ocorridos em estações de Fundo (Urbano, Suburbano ou Rural) ou em estações Industriais. ‘Episódios comuns T e F,I,RF’: número de episódios que ocorreram em simultâneo em estações de Tráfego e em estações de outra tipologia (Fundo ou Industrial). ‘T, I, RF’: número de episódios ocorridos em estações de Tráfego, ou Industriais ou em estações Rurais de Fundo. ‘F, I, T’: número de episódios ocorridos em estações de Fundo (Urbano, Suburbano), ou Industriais, ou em estações de Tráfego.					

Tabela 17. Caracterização de episódios de poluição de NO₂, PM₁₀ e O₃ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte, em zonas e aglomerações

NO ₂		PM ₁₀		O ₃	
Tipo de episódio	Número de episódios (dias)	Tipo de episódio	Número de episódios (dias)	Tipo de episódio	Número de episódios (dias)
NO ₂	54	PM ₁₀	335	O ₃	37
NO ₂ _Porto Litoral (PL)	40	PM ₁₀ _Porto Litoral (PL)	284	O ₃ _Porto Litoral (PL)	10
NO ₂ _Entre Douro e Minho (EDM)	14	PM ₁₀ _Entre Douro e Minho (EDM)	118	O ₃ _Entre Douro e Minho (EDM)	11
NO ₂ _Norte Litoral (NL)	0	PM ₁₀ _Norte Litoral (NL)	4	O ₃ _Norte Litoral (NL)	1
NO ₂ _Norte Interior (NI)	0	PM ₁₀ _Norte Interior (NI)	5	O ₃ _Norte Interior (NI)	22
NO ₂ _Aglomeração	54	PM ₁₀ _Aglomeração	333	O ₃ _Aglomeração	18
NO ₂ _Zona	0	PM ₁₀ _Zona	9	O ₃ _Zona	22
NO ₂ _PL	40	PM ₁₀ _PL	284	O ₃ _NI	22
NO ₂ _EDM, NL, NI	14	PM ₁₀ _EDM, NL, NI	122	O ₃ _PL, EDM, NL	18
NO ₂ _Episódios comuns a PL e EDM,NL,NI	0	PM ₁₀ _Episódios comuns a PL e EDM,NL,NI	71	O ₃ _Episódios comuns a NI e PL,EDM,NL	3
Comentário: <ul style="list-style-type: none"> • Episódios de poluição de NO₂ ocorreram maioritariamente no Porto Litoral. • As excedências ao VL de NO₂ em EDM ocorreram maioritariamente na estação de Circular Sul. • As excedências em ambas as aglomerações nunca ocorrem em simultâneo, refletindo carácter de poluição local, associada a zonas mais densamente povoadas. 		Comentário: <ul style="list-style-type: none"> • Episódios de poluição mais frequentes no Porto Litoral, seguindo-se em Entre Douro e Minho. • Episódios em EDM ocorreram, em 58% dos casos, simultaneamente a episódios também registados no PL. 25% Dos episódios de PM₁₀ no PL foram acompanhados por episódios noutras zonas. • Episódios ocorridos nas Zonas do Norte Litoral e Norte Interior (9) foram em simultâneo com excedências de PM₁₀ nas aglomerações. • Episódios de PM₁₀ apresentam carácter regional, de maior abrangência espacial. 		Comentário: <ul style="list-style-type: none"> • Episódios de O₃ ocorrem maioritariamente na estação RF da zona Norte Interior (22 dias), e em n.º semelhante em aglomerações (18 dias). • Estes episódios registados na zona NI ocorreram isoladamente face às restantes zonas. • A aglomeração de EDM tem 27% dos episódios de O₃ comuns com os ocorridos no PL. • Assim, condições que conduzem à formação de O₃ na zona NI são distintas dos processos de formação de O₃ em aglomerações. 	
Episódios de NO₂ e PM₁₀: ocorreram 28 episódios de NO ₂ e de PM ₁₀ em simultâneo (registados num mesmo dia), o que representa 52% dos episódios de NO ₂ , e 8% dos episódios de PM ₁₀ .				Episódios de O₃ e NO₂: ocorreram 3 dias de episódios simultâneos de NO ₂ e O ₃ em aglomerações da região Norte, em dias quentes de Verão.	
-		Episódios de PM₁₀ e O₃: ocorreram 22 episódios de PM ₁₀ e de O ₃ em simultâneo (registados num mesmo dia), o que representa 7% dos episódios de PM ₁₀ e 59% dos episódios de O ₃ .			
Legenda: ‘poluente’_Porto Litoral (‘poluente’_Entre Douro e Minho/ ‘poluente’_Norte Litoral/ ‘poluente’_Norte Interior): número de dias de episódios, de um poluente, ocorridos na aglomeração do Porto Litoral (em Entre Douro e Minho/ no Norte Litoral/ no Norte Interior). PL- Aglomeração de Porto Litoral, EDM- Aglomeração de Entre Douro e Minho, NL- Zona de Norte Litoral, NI- Zona de Norte Interior. ‘poluente’_Aglomeração: número de dias de episódios, de um poluente, ocorridos em qualquer das aglomerações (PL ou EDM), ‘poluente’_Zona: número de dias de episódios, de um poluente, ocorridos em qualquer das zonas (NL ou NI). ‘EDM, NL, NI’: número de episódios ocorridos na aglomeração de EDM, ou na zona de NL ou de NI. ‘Episódios comuns a PL e EDM,NL,NI’: número de episódios que ocorreram em simultâneo em estações da aglomeração do PL e em estações de outras zonas ou aglomerações. ‘PL, EDM, NL’: número de episódios ocorridos na aglomeração de PL ou de EDM, ou na zona de NL.					

O conjunto de eventos meteorológicos que ocorre diariamente pode contribuir de forma favorável ou desfavorável para a qualidade do ar num determinado local. Neste contexto é pertinente identificar, na região Norte, as situações meteorológicas associadas às ocorrências dos episódios de poluição de NO_2 , PM_{10} e O_3 identificados anteriormente, para o período de 2012 a 2018. Para o efeito foram analisados os parâmetros meteorológicos medidos na estação do Porto (IPMA, 2020), designadamente, temperatura, humidade relativa, radiação solar, velocidade e rumo de vento, e os dados de radiossondagem, disponíveis para Lisboa (*University of Wyoming, 2020*¹²), relativos à altura da camada de mistura.

Da Figura 31 à Figura 34 apresentam-se os resultados obtidos, salientando-se os seguintes aspetos:

- relativamente aos episódios de **NO_2** :
 - estes ocorrem maioritariamente durante o inverno, tendo associadas temperatura média, mínima, radiação solar e humidade relativa mais baixas que os restantes dias (Figura 31);
 - a altura de camada de mistura também se destaca por ser significativamente mais reduzida nos dias de episódios de poluição por NO_2 , principalmente durante os episódios registados em estações de Tráfego, sendo neste caso de 536 m (o que é bastante reduzido) face a 1153 m dos restantes dias (Figura 32);
 - os parâmetros cujas diferenças são mais acentuadas, entre dias com e sem episódios de poluição de NO_2 , são a humidade relativa e a altura da camada de mistura. Conclui-se que a maioria dos episódios de NO_2 ocorreu em dias secos de inverno, com fracas condições de dispersão.
- relativamente aos episódios de **PM_{10}** :
 - os parâmetros meteorológicos em dias de episódios de poluição não apresentam uma diferença muito pronunciada em relação aos dias sem poluição (Figura 33). Os episódios de PM_{10} têm ocorrido em média em 13% do ano, sendo esta uma frequência elevada face a outros poluentes, não havendo um padrão de parâmetros meteorológicos que se destaque significativamente nestes dias;
 - os parâmetros que mais se destacam, com valores distintos em relação aos restantes dias, são a radiação solar, humidade relativa e velocidade do vento, todos menores em situação de Episódio;
 - a altura da camada de mistura (Figura 34) é um dos parâmetros que apresenta maior diferença em dias com e sem episódio, sendo mais reduzida em dias de poluição elevada, principalmente a registada em estações de tráfego (sendo em média de 755 m, face a 1166 m nos dias sem episódio);
- relativamente aos episódios de **O_3** :
 - uma vez que estes decorrem no período de verão, destacam-se significativamente os parâmetros de temperatura média, temperatura máxima e radiação solar mais elevados nos dias de episódio, e velocidade do vento e altura da camada de mistura mais reduzidas nos dias de episódio (Figura 35);

¹² <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

- é interessante verificar a diferente tipologia de dias de ultrapassagens do limiar de informação ao público de O₃ em zonas face às aglomerações (Figura 36);
 - nas aglomerações as situações de episódio são de dias quentes, com temperaturas elevadas (principalmente a máxima) e uma reduzida humidade relativa;
 - enquanto que em zonas, as características que mais se destacam são a velocidade do vento e a altura da camada de mistura, que são bastante mais reduzidas, em média, durante estes episódios (sendo de 1,9 m/s e 658 m em dias de episódio face a 3,5 m/s e 1145 m nos restantes dias).
- Em relação aos rumos predominantes do vento (Figura 37) verifica-se que quando ocorrem episódios de poluição de NO₂ e de PM₁₀ há uma predominância do rumo Este (o que ocorreu em 67% dos episódios de poluição de NO₂ e em 39% dos episódios de poluição de PM₁₀). Em relação aos episódios de poluição de O₃ os rumos dominantes são os de Noroeste e de Sudoeste, mas no caso específico dos episódios de poluição de O₃ em aglomerações os rumos Este e Nordeste assumem relevância (perfazendo no total 40% destas ocorrências).

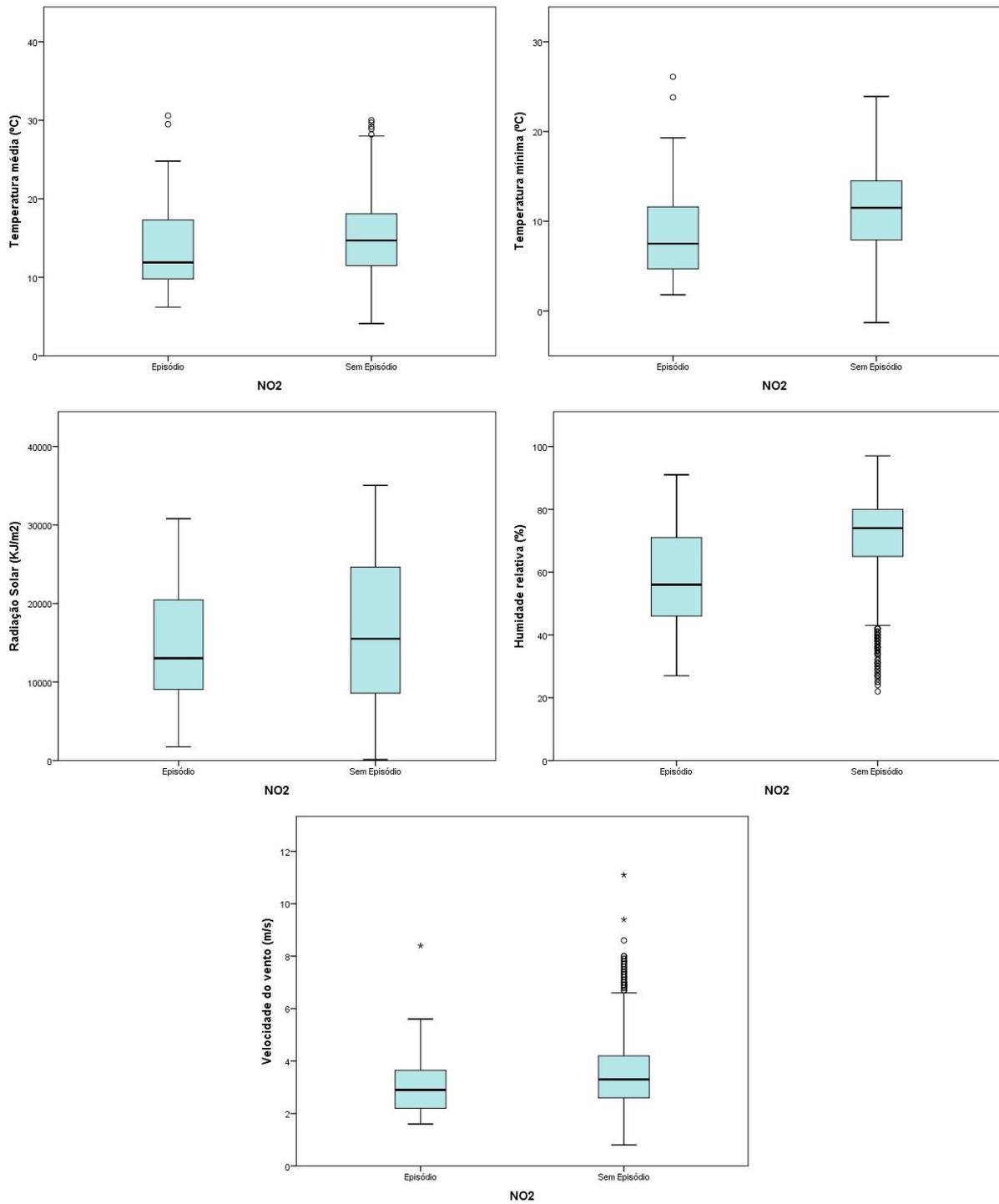


Figura 31. Comparação de parâmetros meteorológicos em dias com e sem episódios de poluição de NO₂ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte

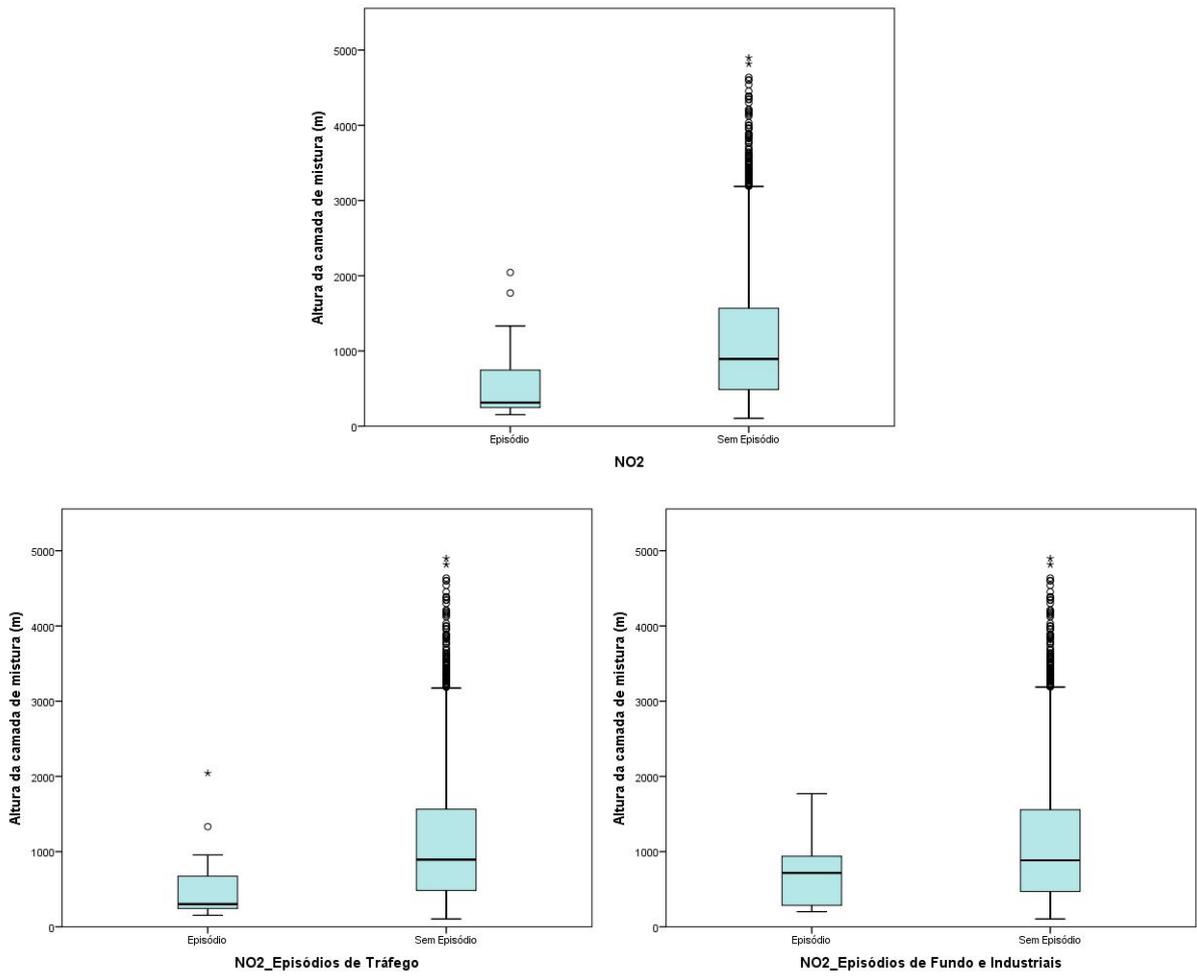


Figura 32. Comparação da altura da camada de mistura em dias com e sem episódios de poluição de NO₂ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte

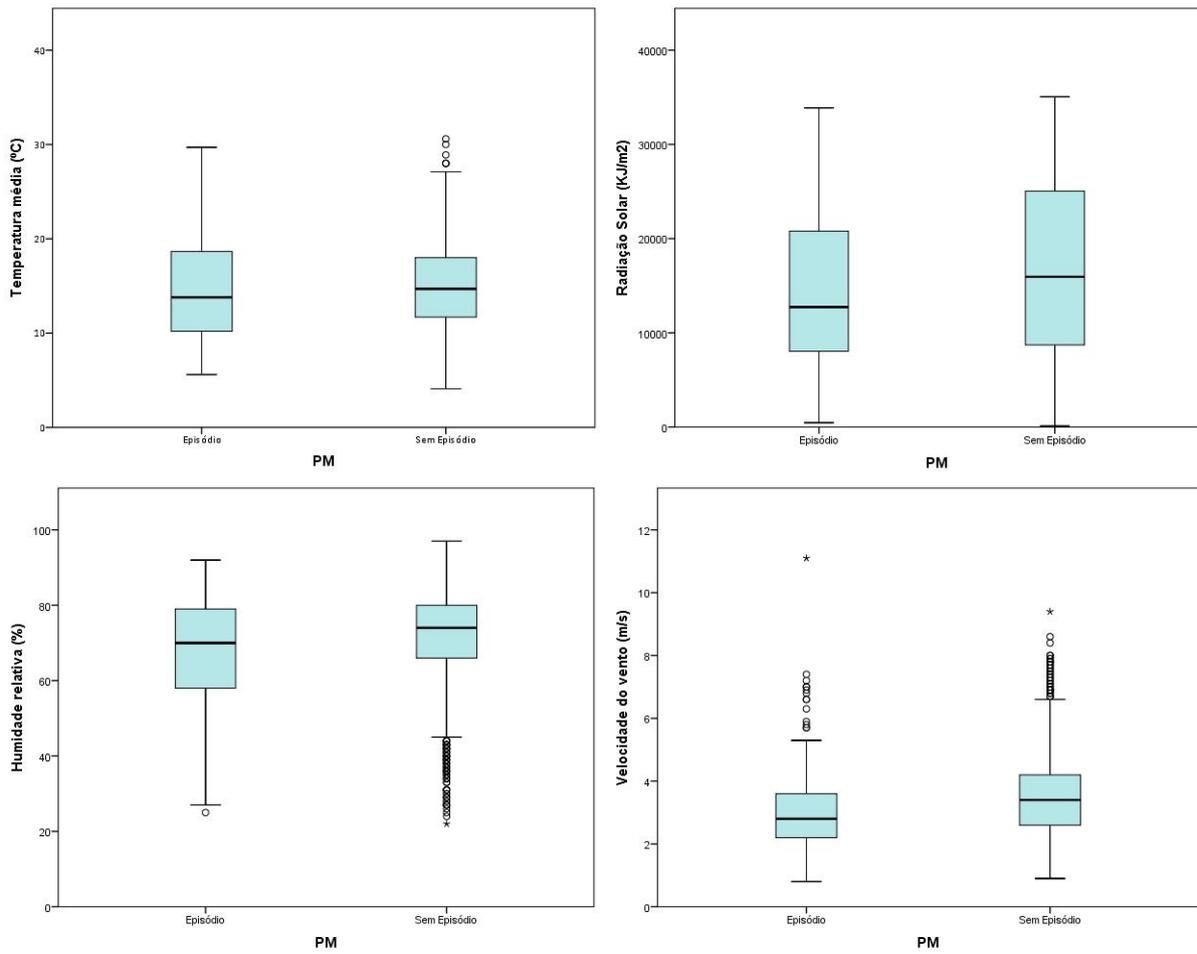


Figura 33. Comparação de parâmetros meteorológicos em dias com e sem episódios de poluição de PM₁₀ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte

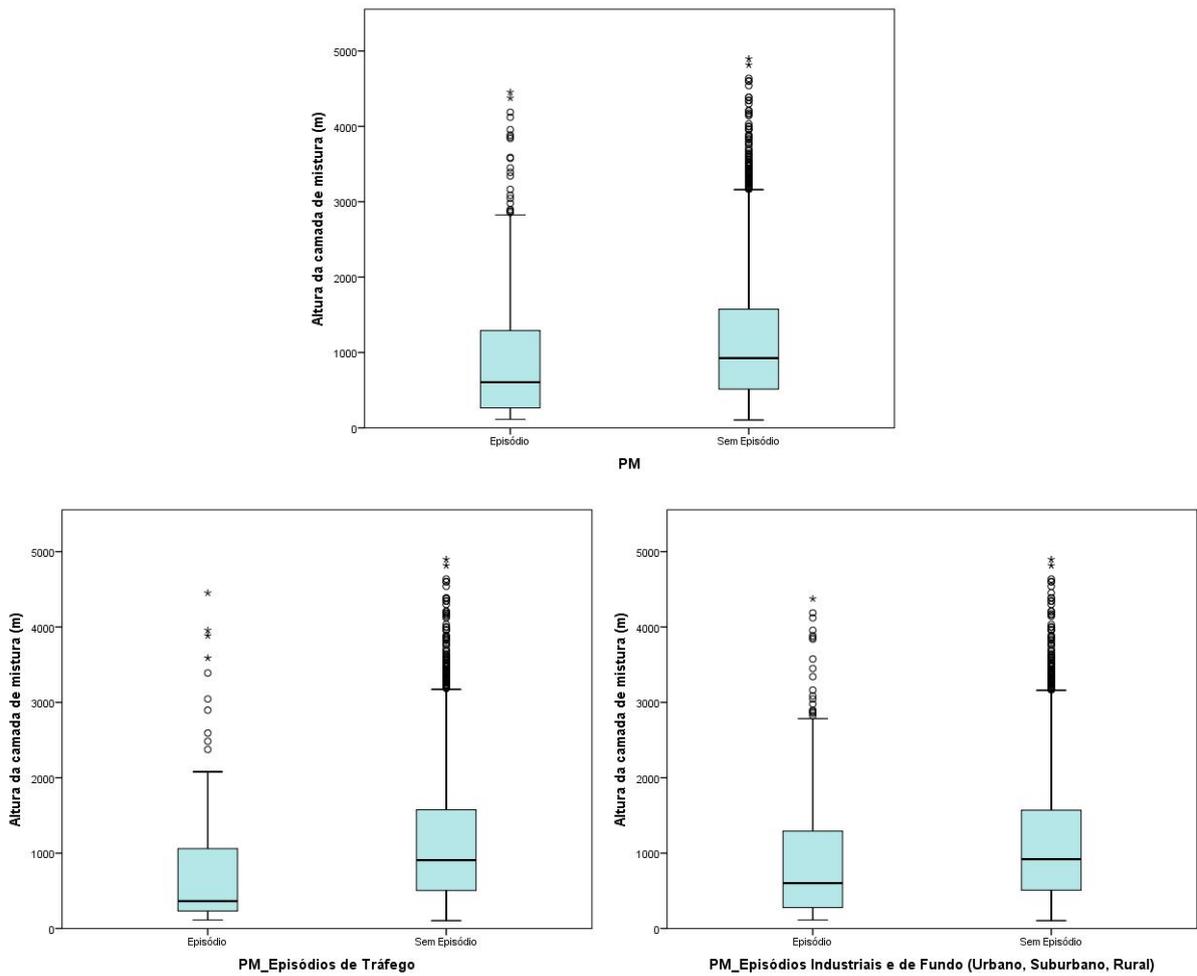


Figura 34. Comparação da altura da camada de mistura em dias com e sem episódios de poluição de PM₁₀ ocorridos entre 2012 e 2018 na região Norte

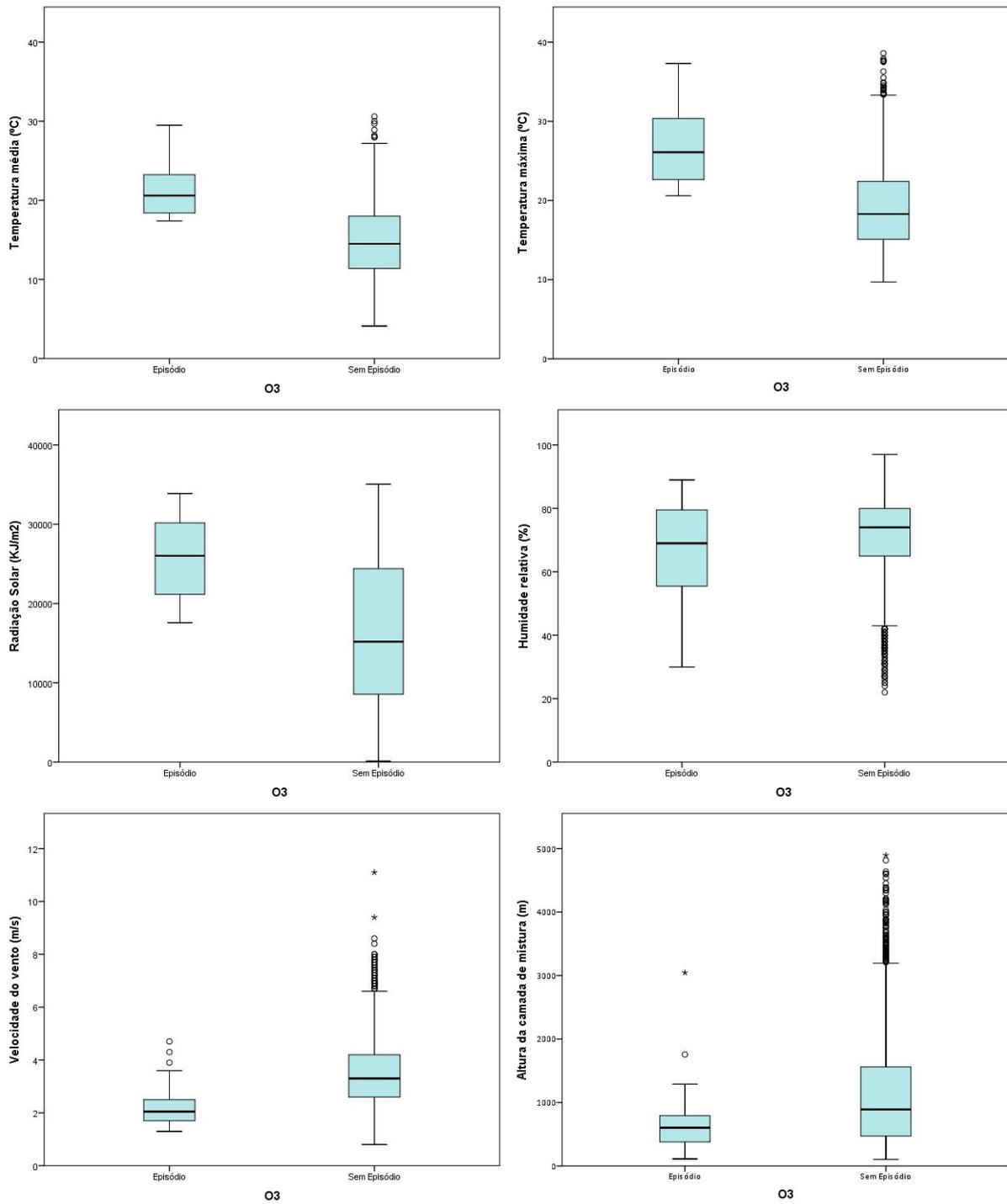


Figura 35. Comparação de parâmetros meteorológicos em dias com e sem episódios de poluição de O₃ ocorridos entre 2012 e 2018

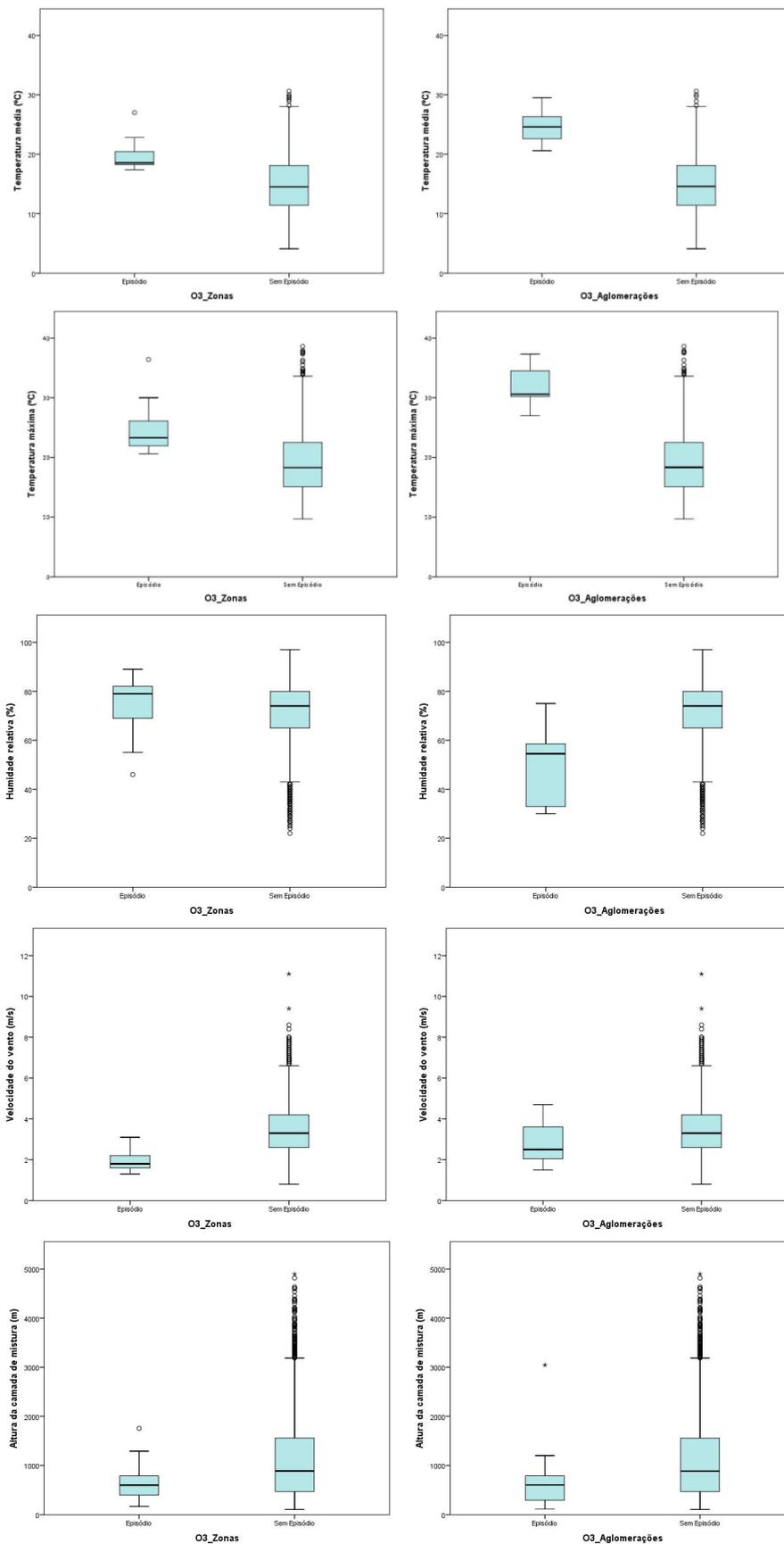


Figura 36. Comparação de parâmetros meteorológicos em dias de episódios de poluição de O₃, ocorridos entre 2012 e 2018, em zonas e aglomerações

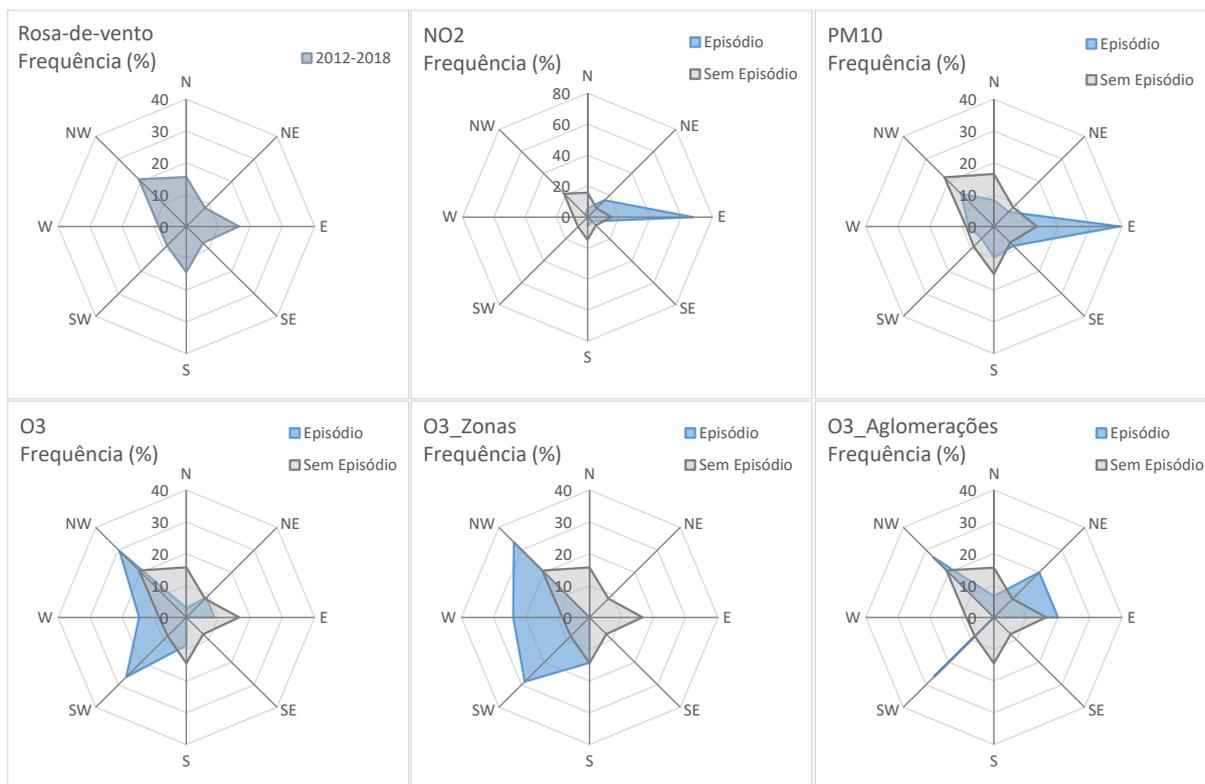


Figura 37. Frequência de rumo do vento (%) registada na região Norte, entre 2012 e 2018, com e sem a ocorrência de episódios de poluição por NO₂, PM₁₀ e O₃



Destaques: A análise mais aprofundada dos episódios de poluição permite compreender a sua fenomenologia, perceber qual a sua dimensão espacial, quais as inter-relações entre poluentes, e identificar as condições atmosféricas prevalentes que lhes estão associadas. Desta análise destacam-se os seguintes aspetos:

- ▶ Episódios de poluição de NO₂:
 - De um modo geral refletem um carácter de poluição local (as excedências em ambas as aglomerações nunca ocorrem em simultâneo), de influência marcada pelo tráfego rodoviário, associados a zonas mais densamente povoadas.
 - Quando há excedências ao valor limite horário de NO₂, num determinado dia, em aglomerações, há alguma probabilidade de que possa ocorrer também uma excedência ao valor limite diário de PM₁₀;
 - A maioria dos episódios de NO₂ ocorreu em dias secos de Inverno, com fracas condições de dispersão, baixa humidade relativa e muito baixa altura da base da camada de mistura;
- ▶ Episódios de poluição de PM₁₀:
 - De um modo geral, e ao contrário do que sucede para o NO₂, refletem um carácter de poluição regional, de maior abrangência espacial e de influência de vários tipos de fontes de emissão;
 - Os episódios de PM₁₀ têm ocorrido em média em 13% do ano, sendo esta uma frequência elevada face a outros poluentes, não havendo um padrão de parâmetros meteorológicos que se destaque significativamente nestes dias;
- ▶ Episódios de poluição de O₃:
 - Para este poluente distinguem-se duas tipologias distintas de episódios: aqueles que ocorrem em meio rural, por oposição aos registados em meios urbanos, devido à química complexa que rege as reações de formação ou destruição de ozono à superfície, neste tipo de ambientes;
 - Quando há excedências ao limiar de informação de O₃, em aglomerações, há alguma probabilidade de que possa ocorrer também uma excedência ao valor limite diário de PM₁₀;
 - Os episódios de O₃ ocorrem no Verão. Nas aglomerações as situações de episódio são de dias quentes, com temperaturas elevadas e baixa humidade relativa, enquanto que em zonas, as características que mais se destacam são a velocidade do vento e a altura da camada de mistura, que são bastante mais reduzidas;
- ▶ Em relação aos rumos predominantes do vento verifica-se que quando ocorrem episódios de poluição de NO₂, PM₁₀ e de O₃ em aglomerações, há uma predominância do rumo Este.

5.5 Representatividade das estações de qualidade do ar da região Norte

A análise da representatividade de estações de monitorização da qualidade do ar interliga-se com o anterior ponto 4.5 *Verificação do regime de avaliação da qualidade do ar em zonas e aglomerações, do número mínimo e da distribuição espacial de estações de monitorização*. Na presente secção pretende-se fornecer informação que permita dar resposta à questão de quão bem a qualidade do ar é caracterizada, ou representada, por um número limitado de estações de monitorização.

Cada estação de monitorização da qualidade do ar fornece concentrações representativas de uma determinada área envolvente. A área de representatividade depende fortemente do ambiente imediato das estações, da morfologia do terreno e das fontes de emissão.

A representatividade de estações varia de acordo com o tipo de estação, podendo estas ser tipicamente representativas de algumas dezenas de metros (no caso de estações de tráfego) até uma centena de quilómetros (como é o caso de estações rurais de fundo remotas), por exemplo:

- estações de tráfego e industriais são do tipo *hotspot* e localizam-se em áreas com gradientes de concentrações elevados, daí terem áreas de representatividade mais reduzidas;
- estações urbanas de fundo têm maior área de representatividade, uma vez que são utilizadas para monitorizar os níveis de poluição médios, resultantes do transporte de poluentes atmosféricos de fora da zona urbana, e de emissões com origem na própria cidade, não sendo diretamente influenciadas pelas fontes de emissão dominantes como o tráfego rodoviário ou a indústria;
- estações rurais são utilizadas para monitorizar os níveis de poluição resultantes do transporte a longas distâncias e de emissões na região onde se localiza a estação, sendo estas as que apresentam a maior área de representatividade.

A representatividade diz respeito ao facto de, na avaliação ambiental, não ser exequível medir todo um domínio, por inteiro, no espaço e no tempo. É habitual seleccionar localizações, ou períodos de tempo, e assumir que estes representam todo o domínio. A tarefa de avaliação da representatividade procura delimitar áreas de concentrações com características similares em relação às medidas em estações de monitorização específicas.

A Tabela 18 indica os intervalos típicos de áreas de representatividade para os vários tipos de classes de estações de acordo com os critérios EUROAIRNET, EMEP (ambos referidos em (Larssen *et al.*, 1999), e de acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010. Estes valores não devem ser utilizados diretamente, devendo-se ter em conta, na avaliação da área de representatividade:

- as variações das emissões nas imediações das estações e a possível influência de fontes de emissão dominantes localizadas a maior distância;
- características topográficas (quer da morfologia devido ao património edificado, quer características naturais do terreno).

Ainda de acordo com os critérios EUROAIRNET é fornecida uma referência para a avaliação de áreas de representatividade, como sendo a área dentro da qual a concentração não difere da medida na estação de monitorização em mais de $\pm 20\%$. Na maioria das cidades europeias uma variação de $\pm 20\%$ permitiu obter áreas de representatividade com raios na ordem de 1 km a 3 km para estações urbanas de fundo.

Tabela 18. Intervalos típicos de áreas de representatividade por tipo de estação de monitorização da qualidade do ar

Tipo de estação	Critérios EUROAIRNET*	Critérios EMEP	Critérios DL 102/2010
Tráfego	<ul style="list-style-type: none"> em termos do comprimento da rodovia: centenas de metros em centros urbanos, até 1 000 m noutras áreas 	-	<ul style="list-style-type: none"> o ar recolhido deve ser representativo da qualidade do ar num segmento de rua de comprimento ≥ 100 m em zonas de tráfego ^{a)} e numa área circundante ≥ 200 m² ^{b)}
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> raio de 10 m – 100 m 	-	<ul style="list-style-type: none"> o ar recolhido deve ser representativo da qualidade do ar numa área ≥ 250 m \times 250 m em zonas industriais ^{a)}
Fundo Urbano	<ul style="list-style-type: none"> 100 m – 1 km de raio ou 1 km – 1,5 km e área correspondente de 3 km² a 6 km² 	-	<ul style="list-style-type: none"> até 10 km² em zonas urbanas (raio 1,8 km) ^{c)}
Fundo Suburbano	-	-	<ul style="list-style-type: none"> até 100 km² em zonas suburbanas (raio 5,7 km) ^{c)}
Fundo Rural Perto de Cidade	<ul style="list-style-type: none"> 1 km – 5 km de raio 	<ul style="list-style-type: none"> área > 100 km² (raio > 5 km) 	<ul style="list-style-type: none"> até 1 000 km² ^{c)}
Fundo Rural Regional	<ul style="list-style-type: none"> 25 km – 150 km de raio 	<ul style="list-style-type: none"> área de 1 000 km² (raio > 20 km) 	<ul style="list-style-type: none"> 1 000 km² – 10 000 km² ^{c)}
Fundo Rural Remoto	<ul style="list-style-type: none"> 200 m – 500 km de raio 	<ul style="list-style-type: none"> área de 10 000 km² (raio > 60 km) 	<ul style="list-style-type: none"> 1 000 km² – 10 000 km² ^{c)}

EuroAirnet – *The European Air Quality Monitoring Network*; EMEP – *Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmissions of Air Pollutants in Europe*; * Valores aproximados e indicativos, assumindo que a área de representatividade descreve um círculo (exceto para estações de tráfego), o que nem sempre se verifica. Fornecem uma indicação da dimensão das áreas possíveis; **a)** DL 102/2010: localização em macrosescala de pontos de amostragem para poluentes; **b)** DL 102/2010: localização em macrosescala de pontos de amostragem de metais pesados e B(a)P; **c)** DL 102/2010: localização em macrosescala de pontos de amostragem de O₃.

Nas figuras seguintes encontram-se indicadas as áreas de representatividade típicas de estações de tráfego e industriais, bem como, de estações de fundo urbano e suburbano (Figura 38), uma análise centrada na área do Grande Porto (Figura 39), e a representatividade de estações rurais de fundo regionais e remotas (Figura 40), de acordo com os critérios da Tabela 18.

Através da análise efetuada em pontos anteriores (secção 4.5) verificou-se que existe atualmente um equilíbrio na distribuição da tipologia de estações, não havendo analisadores em falta. Verifica-se também a existência de estações, em aglomerações, nos locais de maior densidade populacional, como é o caso da de Entre Douro e Minho (Figura 38). Na de Porto Litoral existem algumas freguesias do núcleo mais central da aglomeração, com densidades populacionais acima dos 5 000 habitantes/km², que não têm estações de monitorização próximas (Figura 39). Em relação às áreas de representatividade das zonas rurais de fundo (Figura 40), em particular no que concerne ao ozono, considera-se que a rede de estações cobre satisfatoriamente o território.

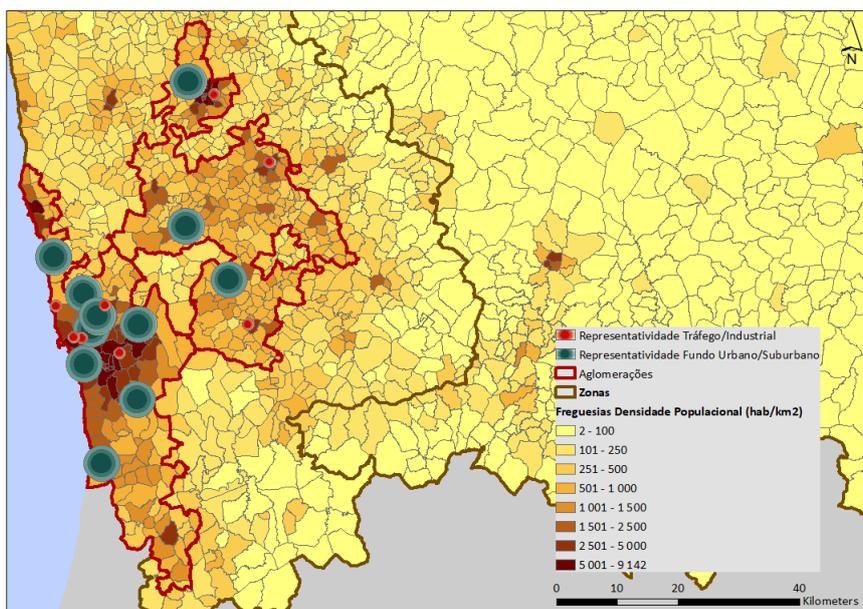


Figura 38. Áreas de representatividade de estações de tráfego/industriais e de estações de fundo urbano/suburbano

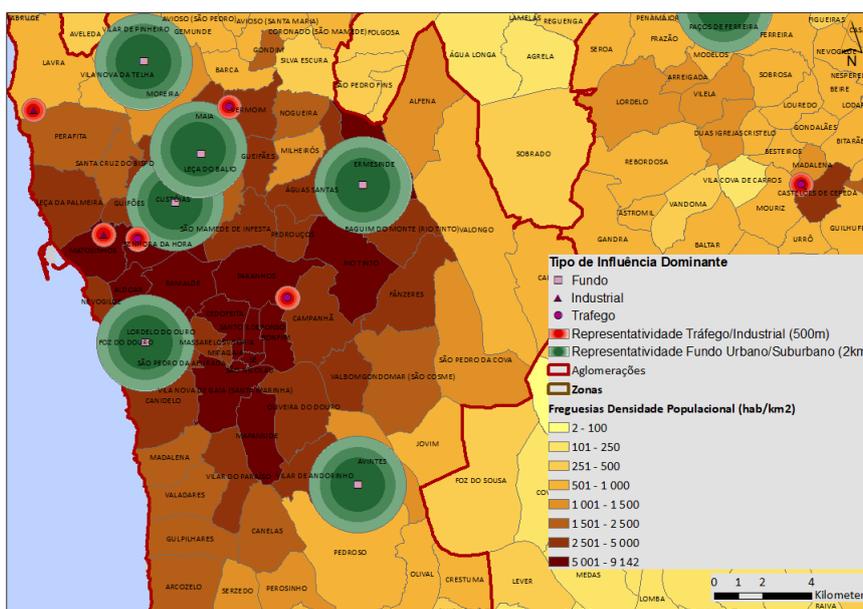


Figura 39. Áreas de representatividade de estações de tráfego/industriais e de estações de fundo urbano/suburbano no Grande Porto

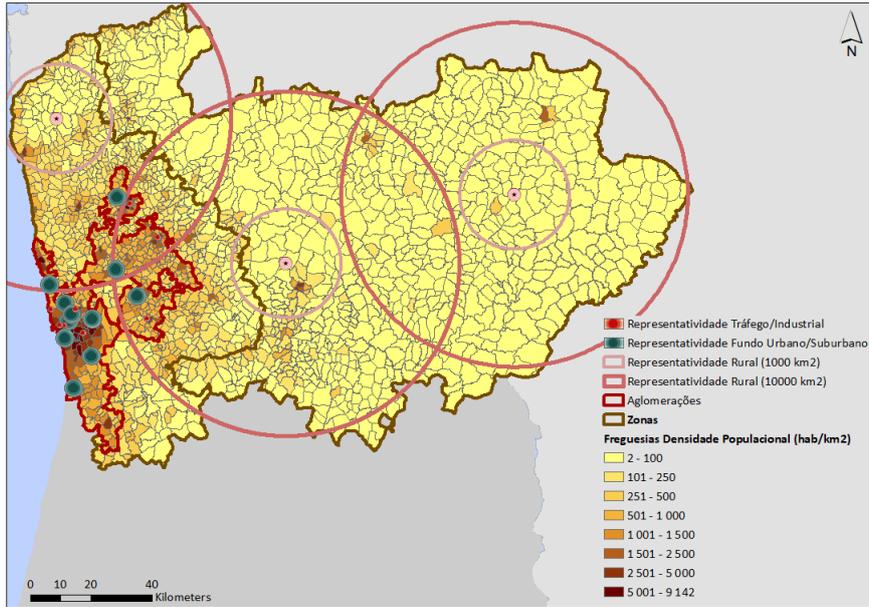


Figura 40. Áreas de representatividade de estações rurais de e fundo

6 Considerações finais

A avaliação e gestão da qualidade do ar em Portugal é efetuada em unidades funcionais, delimitadas para esse efeito, designadas por zonas e aglomerações. Com o presente trabalho foi possível verificar os critérios de classificação das zonas e aglomerações da região Norte, bem como, analisar os resultados da rede de monitorização, com ênfase no grau de cobertura anual da rede, na tendência evolutiva das concentrações (período 2012-2018), no diagnóstico da situação de conformidade legal e nas situações mais críticas em termos de poluição atmosférica (caracterizando-se a ocorrência de episódios de poluição e sua relação com as condições atmosféricas prevalentes).

As zonas e aglomerações, para cada poluente, são delimitadas pelas CCDR, em articulação com a APA. A sua delimitação deve ser revista de cinco em cinco anos, em função dos resultados da avaliação da qualidade do ar ambiente e de alterações nos critérios utilizados para a sua definição. No âmbito do presente estudo, a análise efetuada permitiu verificar que:

- ▶ a população residente nas aglomerações aumentou de 2001 para 2011, após o que se regista um declínio até 2018, quer em consequência de movimentos naturais quer de movimentos migratórios negativos;
- ▶ ambas as aglomerações do Porto Litoral e Entre Douro e Minho cumprem os critérios definidos para delimitação de aglomerações;
- ▶ surgiram quatro freguesias contíguas ao limite da aglomeração de Entre Douro e Minho, com densidade populacional acima dos 500 hab/km², podendo estes casos ficar à consideração de inserção na aglomeração, no âmbito de revisões futuras da delimitação das mesmas;
- ▶ decorrente da reorganização administrativa do território ao nível da freguesia, posterior a 2011, têm ocorrido ‘uniões de freguesias’ que, nos casos limítrofes das aglomerações, podem potencialmente alterar a sua delimitação, situação esta que deverá ser avaliada a nível nacional;
- ▶ em relação à delimitação das zonas (que não aglomerações), atendendo à diversidade física, climática, socioeconómica, de padrões de povoamento e de ocupação do solo, e da qualidade do ar, continua a fazer sentido a existência das zonas Norte Litoral e Norte Interior, recomendando-se a manutenção da sua delimitação atual.

No que diz respeito aos critérios – essencialmente populacionais e de qualidade do ar – para a determinação do número mínimo de pontos de amostragem para medições fixas, em zonas e aglomerações, verificou-se que para os poluentes NO₂, PM₁₀ e O₃ não há estações de monitorização da qualidade do ar ou analisadores em falta.

Relativamente aos dados da rede de monitorização da região Norte, analisados para o período de 2012 a 2018, de acordo com o diagnóstico efetinado destacam-se os aspetos de seguida referidos.

A eficiência das medições trata-se de um aspeto fundamental para análise de dados de qualidade do ar. Neste âmbito, sobressai a necessidade de aposta na melhoria da eficiência de medição de poluentes, esforço esse que é mais premente para o poluente PM₁₀. Nos casos do NO₂ e O₃ observam-se melhorias desde 2017. A avaliação em zonas (que não aglomerações) tem sido efetuada mas apresentando falhas na cobertura mínima anual, sendo esta frequentemente inferior a 14%. Este é o valor mínimo de eficiência exigido para as designadas medições indicativas a efetuar, por exemplo, em zonas abaixo do limiar inferior de avaliação, como é o caso da situação para o NO₂ e PM₁₀, devendo ser feito um esforço para o garantir.

Em relação às tendências de evolução das concentrações médias, ao longo do tempo, estas forneceram uma perspetiva sobre o estado de melhoria, manutenção ou degradação da qualidade do ar. Neste âmbito destacam-se os seguintes aspetos:

- ▶ em relação às grandes tendências verifica-se que a média anual de NO₂ estabilizou desde 2015 (após um aumento face a anos anteriores), a de PM₁₀ apresenta tendência ligeiramente decrescente e a de O₃ não é clara (decrécimo entre 2013 e 2017 e aumento em 2018);
- ▶ no caso do NO₂ destaca-se claramente o perfil de concentrações mais elevadas em estações de tráfego (o que não sucede para as PM₁₀). O perfil de NO₂ descreve picos elevados coincidentes com as horas de ponta de maior tráfego rodoviário, sendo os de PM₁₀ mais esbatidos e desfasados;
- ▶ no caso das PM₁₀, destaca-se a influência da utilização de lareiras para aquecimento, promovendo níveis de PM₁₀ mais elevados durante as noites e madrugadas de inverno;
- ▶ o O₃ apresenta um perfil complementar ao de NO₂, como é característico para este poluente, atingindo um pico a meio da tarde nas horas de maior radiação solar.

A verificação das situações de excedência aos valores limite de NO₂ e PM₁₀ e ao valor alvo de O₃ permitiu identificar os problemas de qualidade do ar que representam maior risco de exposição para a população da região Norte e conseqüentemente maior perigo para a saúde humana. Esta análise permitiu destacar os seguintes aspetos:

- ▶ para os poluentes PM₁₀ e O₃ têm ocorrido excedências ao valor limite diário e valor alvo, respetivamente, mas dentro do número permitido pela legislação. Para o NO₂ subsistem problemas de inconformidade legal, face ao cumprimento do valor limite anual (VLA);
- ▶ o esforço de redução da média anual de NO₂, de modo a cumprir o VLA em estações de tráfego, e face aos dados obtidos entre 2016 e 2018, é de 59% no Porto e de 33% em Braga;
- ▶ as excedências de NO₂ ocorrem com maior prevalência durante as horas de ponta de maior tráfego e com maior incidência à 5ª Feira e 6ª Feira. Já o poluente PM₁₀ tem um perfil mais esbatido durante toda a semana, não estando tão diretamente relacionado com os níveis de tráfego rodoviário, refletindo uma influência de carácter mais abrangente e não tão localizada como para o NO₂;
- ▶ as ultrapassagens aos valores limite ocorrem maioritariamente durante o inverno no caso do NO₂ e das PM₁₀ e integralmente no período de verão no caso do O₃.

A análise mais aprofundada dos episódios de poluição permitiu compreender a sua fenomenologia, perceber qual a sua dimensão espacial, quais as inter-relações entre poluentes, e identificar as condições atmosféricas prevaletentes que lhes estão associadas. Desta análise destacam-se os seguintes aspetos:

- ▶ episódios de poluição de NO₂:
 - de um modo geral refletem um carácter de poluição local (as excedências em ambas as aglomerações nunca ocorrem em simultâneo), de influência marcada pelo tráfego rodoviário, associados a zonas mais densamente povoadas;
 - quando ocorrem excedências ao valor limite horário de NO₂, num determinado dia, em aglomerações, há alguma probabilidade de que possa ocorrer também uma excedência ao valor limite diário de PM₁₀;

- a maioria dos episódios de NO₂ ocorreu em dias secos de inverno, com fracas condições de dispersão, baixa humidade relativa e muito baixa altura da base da camada de mistura;
- ▶ episódios de poluição de PM₁₀:
 - de um modo geral, e ao contrário do que sucede para o NO₂, refletem um carácter de poluição regional, de maior abrangência espacial e de influência de vários tipos de fontes de emissão;
 - os episódios de PM₁₀ têm ocorrido em média em 13% do ano, sendo esta uma frequência elevada face a outros poluentes, não havendo um padrão de parâmetros meteorológicos que se destaque significativamente nestes dias;
- ▶ episódios de poluição de O₃:
 - para este poluente distinguem-se duas tipologias distintas de episódios: aqueles que ocorrem em meio rural, por oposição aos registados em meios urbanos, devido à química complexa que rege as reações de formação ou destruição de ozono à superfície, neste tipo de ambientes;
 - quando ocorrem excedências ao limiar de informação ao público de O₃, em aglomerações, há alguma probabilidade de que possa ocorrer também uma excedência ao valor limite diário de PM₁₀;
 - os episódios de O₃ ocorrem no verão. Nas aglomerações as situações de episódio são de dias quentes, com temperaturas elevadas e baixa humidade relativa, enquanto que em zonas, as características que mais se destacam são a velocidade do vento e a altura da camada de mistura, que são bastante mais reduzidas;
- ▶ em relação aos rumos predominantes do vento verifica-se que quando ocorrem episódios de poluição de NO₂, PM₁₀ e de O₃ em aglomerações, há uma predominância do rumo Este.

No que diz respeito à distribuição espacial da rede de monitorização, das concentrações e à representatividade das medições, verificou-se que:

- ▶ existe atualmente um equilíbrio na distribuição da tipologia de estações, não havendo analisadores em falta;
- ▶ nas aglomerações, verifica-se a existência de estações nos locais de maior densidade populacional, como é o caso de Entre Douro e Minho. Na aglomeração do Porto Litoral existem algumas freguesias do núcleo mais central da aglomeração, com densidades populacionais acima dos 5 000 habitantes/km², que não têm estações de monitorização próximas;
- ▶ em relação às áreas de representatividade das zonas rurais de fundo, em particular no que concerne ao O₃, considera-se que a rede de estações cobre satisfatoriamente o território.

As matrizes de correlação permitiram analisar a tendência de variação comum entre várias estações e poluentes. Estações/poluentes com coeficientes de correlação elevados traduzem comportamentos idênticos, podendo refletir a contribuição de fontes de emissão comuns e indicar um bom nível de funcionamento dos equipamentos (tendências registadas de igual modo em vários locais). Desta análise destacaram-se os seguintes aspetos:

- ▶ as concentrações de NO₂ e de PM₁₀ estão ligeiramente correlacionadas entre si, bem como, as de NO₂ e O₃ (correlação inversa). Entre O₃ e PM₁₀ não há um comportamento comum (apesar de apresentarem excedências em dias comuns, em aglomerações);

- ▶ relativamente aos dados das estações de tráfego de Francisco Sá Carneiro-Campanhã (ANT), no Porto, e Frei Bartolomeu Mártires-S.Vitor (CRCL), situada em Braga, para as quais se têm registado concentrações acima do valor limite anual de NO₂, observa-se que:
 - ANT apresenta uma relação pouco significativa entre os seus dados de NO₂ e de PM₁₀ (ao contrário de outras estações de tráfego da mesma aglomeração);
 - A estação de CRCL correlaciona-se de diferente modo com outras estações dependendo do poluente (NO₂ distinto de PM₁₀);
 - Ambas parecem refletir uma situação mais localizada/pontual, a investigar complementarmente, através de campanhas de medição da qualidade do ar a realizar na região Norte.

7 Referências bibliográficas

APA – Agência Portuguesa do Ambiente, DCEA-FCT NOVA, (2001). Delimitação de zonas e aglomerações para avaliação da qualidade do ar em Portugal, Relatório, Outubro de 2001.

CCDR-N, (2009). PROT – PLANO REGIONAL DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DA REGIÃO DO NORTE, Proposta de Plano, Porto, Disponível em: <https://www.ccdr-n.pt/servicos/ordenamento-territorio/documentos>.

CCDRN-DMVA/CAPER, (2011). Proposta de remodelação da rede de medida da qualidade do ar da região Norte, [Documento não publicado].

Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de Setembro. Estabelece o Regime da Avaliação e Gestão da Qualidade do Ar Ambiente, transpondo a Diretiva n.º 2008/50/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Maio.

DGT – Direção Geral do Território, (2019a). Ocupação do solo na região Norte - *Corine Land Cover* 2006, Disponível em: <http://mapas.dgterritorio.pt/>.

DGT – Direção Geral do Território, (2019b). Grau de coberto vegetal na região Norte, Disponível em: <http://mapas.dgterritorio.pt/>.

EEA – European Environment Agency, (2014). Air quality in Europe – 2014 report. EEA Report N5/2014, Luxembourg: Publications Office of the European Union, doi: 10.2800/22847. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>.

INE – Instituto Nacional de Estatística, (2011a). Censos 2011 Resultados Definitivos - Dados de população residente por freguesia, Disponível em: <http://censos.ine.pt>.

INE – Instituto Nacional de Estatística, (2011b). Censos 2011 Resultados Definitivos - Movimentos pendulares na região Norte (interações regionais), Disponível em: <http://censos.ine.pt>.

INE – Instituto Nacional de Estatística, (2017). Retrato Territorial de Portugal, ISSN: 1646-0448, Lisboa.

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, (2020a). Normal climatológica de 1961/90 (temperatura média anual e precipitação acumulada anual), Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>.

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, (2020b). Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Koppen, Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>.

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, (2020c). Parâmetros medidos na estação meteorológica do Porto (temperatura, humidade relativa, radiação solar, velocidade e rumo de vento) 2012-2018, dados diários.

Larssen, S., Sluyter, R. & Helmis, C., (1999). Criteria for EuroAirnet - The EEA Air Quality Monitoring and Information, Network Technical Report N.º 12, European Environment Agency, Copenhagen.

PORDATA – Base de Dados Portugal Contemporâneo, (2001 e 2011). Números dos municípios e regiões de Portugal - Quadro Resumo: Área Metropolitana de Lisboa; População empregada segundo os Censos: total e por sector de atividade económica; Taxa de atividade segundo os Censos: total e por sexo; Taxa de desemprego segundo os Censos: total e por sexo (%); Disponível em Fundação Francisco Manuel dos Santos URL: <https://www.ffms.pt/>.

PORDATA, (2019). Base de Dados Portugal Contemporâneo – População residente por município (2001, 2011, 2018), Acedido em Junho de 2020, Disponível em: <https://www.pordata.pt/DB/Municipios/Ambiente+de+Consulta/Tabela>.

University of Wyoming, (2020). Altura da camada de mistura, 2012-2018, dados diários. Disponível em: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.