



IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE EVENTOS NATURAIS EM PORTUGAL EM 2019

Relatório Anual

Julho 2020

Título/ Âmbito	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE EVENTOS NATURAIS EM PORTUGAL EM 2019 Relatório Anual
Data	Julho 2020
APA	Agência Portuguesa do Ambiente (APA) 
FCT NOVA	Universidade NOVA de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT NOVA) 
Equipa	Francisco Ferreira (Coordenação) Joana Monjardino (Equipa técnica) Luísa Mendes (Equipa técnica)

Índice

1	Introdução	5
2	Enquadramento	6
2.1	<i>Tipologia de eventos naturais.....</i>	<i>6</i>
2.1.1	<i>Aspetos gerais.....</i>	<i>6</i>
2.1.2	<i>Eventos naturais na Península Ibérica</i>	<i>7</i>
2.2	<i>Enquadramento legislativo</i>	<i>10</i>
2.3	<i>Eventos naturais no contexto Ibérico: desenvolvimento de uma metodologia conjunta</i> <i>11</i>	
3	Metodologia	13
3.1	<i>Aspetos gerais e secções geográficas de análise.....</i>	<i>13</i>
3.2	<i>Identificação de eventos naturais.....</i>	<i>13</i>
3.3	<i>Quantificação da influência de eventos naturais nas concentrações de partículas em</i> <i>suspensão.....</i>	<i>16</i>
3.4	<i>Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar.....</i>	<i>19</i>
4	Identificação dos dias de eventos naturais em 2019	20
5	Aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural às concentrações de PM₁₀ em 2019	26
5.1	<i>Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar em 2019</i>	<i>26</i>
5.2	<i>Influência dos eventos naturais nas concentrações de PM₁₀ em 2019.....</i>	<i>28</i>
6	Conclusões.....	33
7	Referências bibliográficas	34

Índice de Figuras

Figura 1. Localização da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	6
Figura 2. Representação da localização geográfica dos desertos do Norte de África Sahara e Sahel.....	7
Figura 3. Exemplos de padrões de circulação atmosférica de acordo com centros de baixas pressões (esquerda) e de altas pressões (direita) (Adaptado de: <i>NASA Earth Observatory</i>)	9
Figura 4. Secções de identificação da intrusão de ar na Península Ibérica e Arquipélagos	12
Figura 5. Fontes de informação utilizadas na identificação da ocorrência de eventos naturais em Portugal (exemplo para dia 20/06/2017: a) BSC-DREAM8b, b) SKIRON, c) HYSPLIT, d) Concentrações de PM ₁₀ , e) NAAPS Dust e Smoke, f) LIDAR)	15
Figura 6. Regiões e estações rurais de fundo representativas utilizadas para a quantificação da contribuição de eventos naturais em Portugal em 2019	17
Figura 7. Distribuição do número de dias de evento natural por ano	20
Figura 8. Distribuição do número de dias de evento natural por região em 2019	22
Figura 9. Distribuição do número de episódios de ocorrência de evento natural de acordo com a sua duração em 2019.....	22
Figura 10. Distribuição do número de dias de evento natural, por região e mês, em 2019	23
Figura 11. Número de estações de monitorização de qualidade do ar com eficiência anual acima e abaixo de 85%, por região, em 2019.....	28
Figura 12. Média anual de PM ₁₀ , por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2019.....	30
Figura 13. Número de dias em excedência ao valor limite diário de PM ₁₀ , por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2019	30
Figura 14. Contribuição da fração natural para a média anual de PM ₁₀ e número de dias de EN identificados por região, em 2019	32

Índice de Tabelas

Tabela 1. Tipologias de eventos naturais (tipo, período de ocorrência, origem e condições meteorológicas).....	9
Tabela 2. Objetivos ambientais estabelecidos para a proteção da saúde humana para PM ₁₀ definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010	10
Tabela 3. Zonas Ibéricas selecionadas para a identificação de ocorrência de eventos naturais.....	12
Tabela 4. Identificação de episódios de intrusão de poeiras provenientes do Norte de África no ano de 2019 (datas de ocorrência por região)	21
Tabela 5. Eficiência anual das medições de partículas PM ₁₀ nas estações de monitorização da qualidade do ar em 2019 (%)	27
Tabela 6. Aplicação da metodologia de dedução da contribuição devida a eventos naturais em 2019 (resultados antes e após aplicação da metodologia de desconto, expressos nos indicadores concentração média anual e número de ultrapassagens ao valor limite diário de PM ₁₀).....	29

1 Introdução

O presente documento consiste no relatório anual relativo à identificação e avaliação de eventos naturais ocorridos (EN) em Portugal, no ano de 2019. É composto pelo documento relativo ao Relatório propriamente dito e pelo Anexo com informação detalhada para cada episódio de evento natural identificado.

O transporte a longa distância de poeiras com origem em regiões áridas, tais como os desertos do Norte de África, pode ter um forte impacto na visibilidade atmosférica e na composição dos aerossóis, bem como, nos níveis de partículas em suspensão (CUE, 2011). As poeiras do deserto do Sahara podem contribuir em mais de 60% para a concentração total de partículas, nos países mediterrânicos, durante um forte evento natural de poluição. O acréscimo nas concentrações de partículas, devido à ocorrência destes fenómenos, pode conduzir a excedências ao valor limite diário legislado de PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

A avaliação da contribuição de poluentes provenientes de fontes naturais, nos níveis de qualidade do ar, está prevista pelo enquadramento legal nacional e comunitário (no Decreto-Lei n.º 102/2010 e na Diretiva 2008/50/CE, respetivamente, diplomas estes relativos à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente). A nível nacional, as contribuições naturais com maior expressão, e por isso as consideradas no presente estudo, são os eventos naturais de intrusão de massas de ar com partículas em suspensão, com origem nos desertos do Norte de África. A avaliação da ocorrência destes fenómenos naturais é efetuada através da aplicação de uma metodologia Ibérica conjunta utilizada, desde 2006, por Portugal e Espanha.

2 Enquadramento

2.1 Tipologia de eventos naturais

2.1.1 Aspetos gerais

Designam-se por eventos naturais as contribuições provenientes de emissões de poluentes que não são causadas direta nem indiretamente por atividades humanas, onde se incluem a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões áridas.

O transporte a longa distância de material crustal ocorre quando se geram processos massivos de ressuspensão em zonas áridas, tais como, as presentes no Norte de África, Médio Oriente e Ásia Central. Outras zonas desérticas, como Atacama, ou os desertos da Austrália não geram este tipo de transporte a longa distância.

De acordo com Querol *et al* (2013) as áreas exportadoras de partículas crustais têm como característica comum consistir em bacias, nas quais se acumula uma grande quantidade de material particulado crustal de granulometria fina, devido à erosão de zonas áridas em épocas de chuvas torrenciais. Durante a época seca este material fino fica exposto a possíveis processos de ressuspensão. No Norte de África existe uma infinidade de bacias com estas características onde o material fino se deposita.

O Norte de África considera-se um exemplo típico de área desértica quente onde a precipitação é escassa, a humidade relativa é reduzida (cerca de 10%) e as temperaturas são muito elevadas, o que favorece a ressuspensão massiva de grandes quantidades de material particulado.

A injeção de ar carregado de partículas, nas camadas altas da troposfera, produz-se com especial intensidade na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)¹ (situada em redor do equador térmico) devido aos processos de convexão associados a essa zona. A posição da ZCIT varia em latitude durante o ano (Figura 1), provocando diferenças na intensidade de emissão a partir das distintas zonas de deserto africano, segundo a estação do ano.

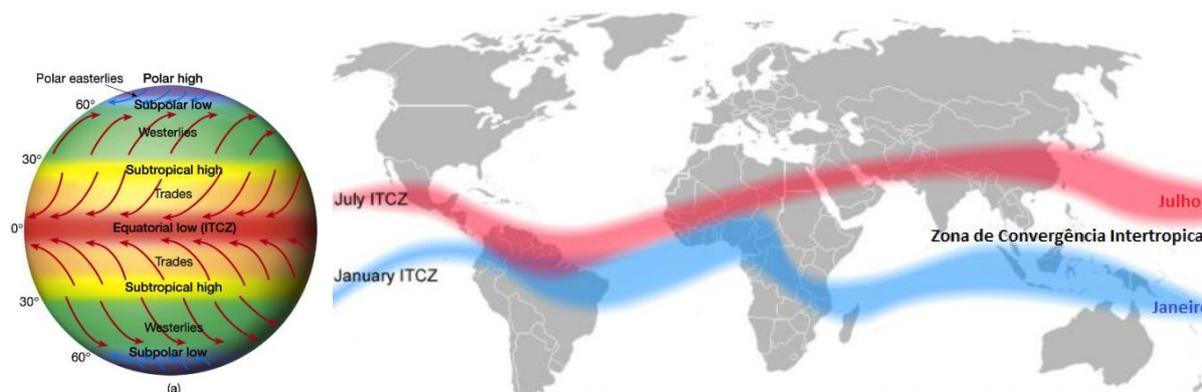


Figura 1. Localização da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

¹ A ZCIT é a área que circunda a Terra, próxima ao equador, onde os ventos originários dos hemisférios norte e sul se encontram.

Uma vez produzida a injeção vertical de matéria particulada na troposfera livre, o transporte horizontal é controlado por situações sinóticas bem definidas. Assim, de forma a descrever os mecanismos e a frequência dos eventos naturais durante as várias épocas do ano, há que ter em conta a posição da ZCIT e as características da superfície.

O transporte de poeiras é efetuado sobre os oceanos e continentes na troposfera livre (acima da camada limite) em altitudes até 8 km, podendo também existir nos níveis baixos da troposfera. O transporte de partículas crustais é assim favorecido:

- quer pelo aumento da velocidade do vento no perfil ascendente da troposfera, permitindo o transporte até zonas muito distantes;
- quer pelo maior tempo de residência nesta zona da troposfera, devido à menor incidência dos processos de lavagem das massas de ar.

A granulometria das partículas transportadas por estes processos varia muito em função do local de origem (que, no caso do Norte de África, se trata dos desertos do Sahara e Sahel, representados na Figura 2) e da localização da área recetora (Querol *et al*, 2013):

- em episódios de transporte de partículas até ao continente americano a granulometria dominante é mais fina (de 0,1 μm a 1,0 μm);
- em episódios africanos registados no Mediterrâneo (no verão), ou nas Canárias (no inverno) a granulometria dominante é mais grosseira (de 1 μm a 25 μm);
- em ambos os casos, regista-se a influência destes episódios naturais nas concentrações de PM_{10} e de $\text{PM}_{2,5}$ registadas à superfície.



Figura 2. Representação da localização geográfica dos desertos do Norte de África Sahara e Sahel

2.1.2 Eventos naturais na Península Ibérica

O transporte de massas de ar com elevadas concentrações de partículas crustais produz-se de forma quase permanente até ao continente americano, devido à ação dos ventos alíseos. Este transporte, paralelo ao equador, tem um alcance de milhares de quilómetros. Assim, registam-se intrusões de poeiras africanas nas ilhas do Oceano Atlântico, Caraíbas, Sudeste dos Estados Unidos e América do Sul. Em determinadas condições sinóticas estas massas de ar são transportadas até à Península Ibérica.

De acordo com Querol *et al* (2013) estes episódios ocorrem quando as condições meteorológicas à escala sinótica são determinadas por:

- sistemas de baixas pressões a Oeste ou Sudoeste da Península Ibérica ou a Norte do continente africano (Figura 3):
 - os eventos causados pelas baixas pressões sobre o Atlântico e o Norte de África, com significativos níveis de poeiras africanas, registam-se com maior frequência entre janeiro e junho;
 - de julho a outubro surgem com menor frequência, bem como, em novembro e dezembro (nestes dois meses o Norte de África encontra-se mais frio, inibido a capacidade de ressuspensão);
- sistemas de anticiclone localizados sobre o Norte de África, sobre a Península Ibérica (Figura 3) (a níveis superficiais ou elevados - acima dos 850 hPa - da atmosfera), ou na zona Mediterrânica (a níveis superficiais da atmosfera):
 - esta situação conduz à formação de uma massa de poeira, bem definida e com forma convexa, que gira sobre o Oceano Atlântico e alcança a Península Ibérica pela zona Oeste;
 - estes episódios têm um elevado impacte nos níveis de PM₁₀ na Península Ibérica, em parte devido ao carácter seco dos mesmos;
 - a época do ano em que se produzem estes eventos circunscreve-se quase exclusivamente a janeiro-março. Nessa altura a ressuspensão de poeiras é mais intensa sobre o Sahel, ainda assim, poeiras de outras zonas mais a Norte (tais como o Sahara Ocidental, Mauritânia e Argélia Ocidental) podem ser transportadas até à Península Ibérica.
- outro tipo de cenário de transporte causado por atividade anticiclónica produz-se no verão:
 - nestes casos o anticiclone Norte Africano está localizado a elevada altitude (acima dos 850 hPa) e é aí que ocorre a maior parte do transporte;
 - à superfície, devido ao forte aquecimento do Sahara no verão, desenvolve-se a baixa térmica Norte Africana, fazendo deslocar o anticiclone Norte Africano para níveis mais elevados;
 - estes eventos têm sido documentados com maior frequência durante o mês de julho e agosto e constituem o cenário mais comum de transporte de poeiras africanas sobre a Península Ibérica;
 - uma característica particular destes eventos, no que diz respeito aos causados por sistemas ciclónicos atlânticos, é a maior extensão que apresentam as massas de ar que atingem a Península Ibérica. Em alguns, estes episódios caracterizam-se por afetar a totalidade da Península Ibérica.



Figura 3. Exemplos de padrões de circulação atmosférica de acordo com centros de baixas pressões (esquerda) e de altas pressões (direita) (Adaptado de: *NASA Earth Observatory*)

Os vários tipos de transporte de partículas dos desertos africanos encontram-se resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Tipologias de eventos naturais (tipo, período de ocorrência, origem e condições meteorológicas)

Tipo de Evento	Período	Origem e Condições meteorológicas predominantes
Baixa probabilidade de ocorrência (apenas em regiões do Sul)	Novembro - Janeiro	<ul style="list-style-type: none"> Intrusão de partículas inibida Eventos de partículas ocorrem somente nas áreas do Sul (Península Ibérica)
Eventos secos	Fevereiro – Março	<ul style="list-style-type: none"> Origem de material particulado do Sahel Extensas nuvens de partículas descrevem um arco Atlântico Situação de anticiclone (no Mediterrâneo e Norte de África)
Chuvas vermelhas & Eventos secos	Abril - Junho	<ul style="list-style-type: none"> Movimentação de partículas do Sahel para o Sahara Situação de baixa pressão (SO Portugal) e/ou anticiclone (Mediterrâneo e Norte de África)
Eventos secos	Julho – Agosto	<ul style="list-style-type: none"> Origem de material particulado do Sahara Movimentação intensa de partículas Situação de anticiclone (Mediterrâneo e Norte de África)
Chuvas vermelhas & Eventos secos	Setembro - Outubro	<ul style="list-style-type: none"> Movimentação de partículas do Sahara para o Sahel Situação de baixa pressão (SO Portugal) e/ou anticiclone (Mediterrâneo e Norte de África)

Fonte: Querol *et al*, 1999

2.2 Enquadramento legislativo

O Decreto-Lei n.º 102/2010 (alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015 e posteriormente pelo Decreto-Lei n.º 47/2017) define o quadro legislativo e estabelece as linhas de orientação da política de gestão da qualidade do ar ambiente para Portugal, como Estado-Membro da União Europeia (UE). Nele encontram-se vários objetivos ambientais em termos das concentrações de material particulado (partículas PM₁₀ e PM_{2,5}) na atmosfera. O referido documento inclui a possibilidade de se efetuarem descontos, devido a fontes naturais de poluição, aquando da avaliação de conformidade em relação aos valores limite².

Na Tabela 2 encontram-se os objetivos ambientais estabelecidos no Decreto-Lei n.º 102/2010 para a proteção da saúde humana, definidos para as partículas em suspensão de diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm (PM₁₀).

Tabela 2. Objetivos ambientais estabelecidos para a proteção da saúde humana para PM₁₀ definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010

Poluente	Objetivo de proteção	Tipo de objetivo ambiental	Período de referência das avaliações	Unidades do objetivo ambiental	Valores numéricos do objetivo ambiental (número de excedências autorizadas)
PM ₁₀	Saúde	VL (em vigor desde 2005)	Um dia	Dias de excedência num ano civil	50 µg/m ³ (35*)
		VL (em vigor desde 2005)	Um ano civil	Média anual	40 µg/m ³
		NAT	Um dia	Dias deduzidos de excedência num ano civil	Não definido
			Um ano civil	Dedução da média anual	Não definido

VL: valor limite; **NAT:** Avaliação da contribuição natural; *Objetivo ambiental avaliado através do indicador 36º máximo diário

A avaliação da contribuição de poluentes provenientes de fontes naturais, nos níveis de qualidade do ar, está prevista pelo enquadramento legal nacional e comunitário. O Decreto-Lei n.º 102/2010 estabelece que:

“As contribuições provenientes de fontes naturais poderão ser avaliadas, mas não evitadas. Por conseguinte, aquando da avaliação do respeito dos valores limite relativos à qualidade do ar, deverá ser permitido deduzir as contribuições naturais de poluentes para o ar ambiente, caso estas possam ser determinadas com um grau de certeza suficiente e as excedências sejam devidas total ou parcialmente a estas contribuições naturais.”

Consideram-se, segundo o mesmo diploma legal, contribuições provenientes de fontes naturais as:

“emissões de poluentes que não são causadas direta nem indiretamente por atividades humanas, onde se incluem catástrofes naturais como erupções vulcânicas, atividade sísmica,

² O valor limite corresponde ao nível de poluentes na atmosfera cujo valor não pode ser excedido, durante períodos previamente determinados, com o objetivo de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e ou no meio ambiente.

atividade geotérmica, incêndios florestais incontrolados, ventos de grande intensidade ou a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões secas.”

No âmbito do reporte anual à Comissão Europeia (Decisão 2011/850/CE), os Estados-Membros indicam as causas das excedências ao valor limite de PM₁₀, importando por isso identificar a contribuição devida a fontes de emissão naturais.

Caso a Comissão Europeia seja informada da existência de uma excedência ao valor limite imputável a fontes naturais, essa excedência não é considerada como tal para efeitos de avaliação de conformidade legal.

As Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) devem elaborar listas das zonas e aglomerações onde as excedências aos valores limite de um determinado poluente são imputáveis a fontes naturais, em conformidade com determinadas metodologias, e reportar essa informação à APA. Esta, por sua vez, transmite essa informação à Comissão Europeia, incluindo os elementos relativos à dedução da contribuição de fontes naturais com as respetivas evidências que demonstrem a sua atribuição a fontes naturais.

O Conselho da União Europeia disponibilizou em 2011 (CUE, 2011) uma publicação onde se estabelecem diretrizes para a demonstração e dedução de excedências atribuídas a fontes naturais no âmbito da Diretiva 2008/50/CE, encorajando os Estados-Membros a implementar determinadas metodologias e a apresentar sob a forma de um relatório anual a documentação completa dos episódios identificados, sendo esse o caso do presente documento.

2.3 Eventos naturais no contexto Ibérico: desenvolvimento de uma metodologia conjunta

Relativamente à avaliação dos eventos com origem nos desertos Norte Africanos, e do seu impacto nas concentrações de PM₁₀, tem vindo a ser aplicada uma metodologia conjunta desenvolvida e coordenada pela a equipa do *Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera* (CSIC, Barcelona) com a participação do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da FCT-NOVA, no âmbito de um convénio Luso-Espanhol de colaboração entre os respetivos ministérios que tutelam a pasta do Ambiente. Os relatórios anuais, relativos à avaliação destes fenómenos naturais, em Portugal, são habitualmente disponibilizados no sítio *on-line* da APA³.

A identificação e avaliação de eventos naturais tem vindo a ser efetuada, em Portugal, desde 2006, ainda que com alguns ajustes na metodologia aplicada e permite:

- inventariar os dias para os quais se identifica a ocorrência de fenómenos naturais;
- quantificar a contribuição do fenómeno natural na média diária e anual de PM₁₀;
- avaliar a situação de conformidade legal das estações de monitorização da qualidade do ar relativamente ao cumprimento dos valores limite de PM₁₀ (diário e anual), antes e após a aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural.

A intrusão de ar carregado de poeiras provenientes das regiões áridas Norte-africanas é caracterizada por uma grande dimensão espacial, sendo a sua avaliação efetuada para todo o domínio da Península

³ Disponível em: www.apambiente.pt, Políticas > Ar > Qualidade do Ar Ambiente > Partículas em Suspensão.

Ibérica. A ocorrência deste fenómeno é avaliada em secções geográficas, atribuídas a Portugal e Espanha, cabendo a cada país a análise das secções do seu território, representadas na Figura 4.

A Portugal, cabe o tratamento de dados das secções NO (utilizando os dados disponibilizados pela CCDR Norte), O (com os dados da CCDR Centro e CCDR LVT), SO (com os dados da CCDR Alentejo) e Madeira (com os dados da SRARN/DROTA da Madeira), cabendo a Espanha o cálculo das regiões NO (partilhada com Portugal), N, NE, Centro, Levante, Baleares, SO (partilhada com Portugal), SE e Canárias, tal como se representa na Tabela 3.

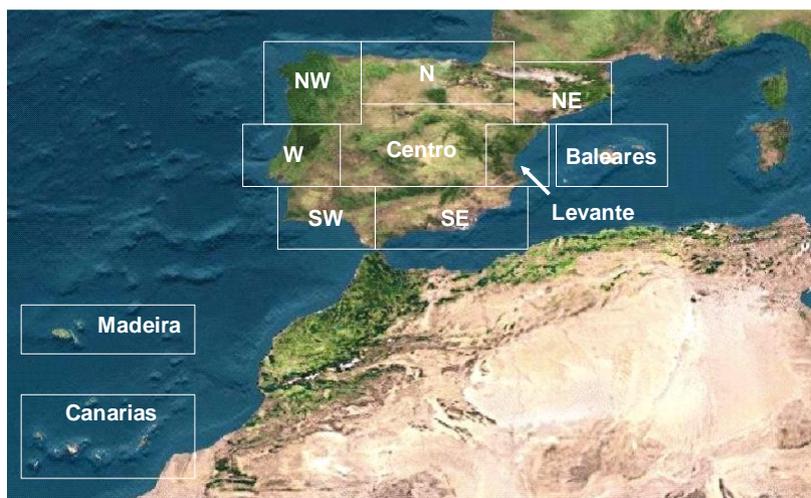


Figura 4. Secções de identificação da intrusão de ar na Península Ibérica e Arquipélagos

Tabela 3. Zonas Ibéricas seleccionadas para a identificação de ocorrência de eventos naturais

Zona	Espanha	Portugal
NO	Galicia, Asturias, Noroeste de Castilla y León	Região Norte
N	Cantabria, País Vasco, La Rioja	-
NE	Navarra, Aragón, Cataluña	-
O	-	Região Lisboa e Vale do Tejo e Região Centro
Centro	Resto da Extremadura, Castilla la Mancha, Comunidad de Madrid, Castilla León	-
Levante	Comunidade Valenciana até ao delta do Ebro	-
Baleares	Baleares (Arquipélago)	-
SO	Andaluzia Occidental, Sul da Extremadura	Região Algarve e Região Alentejo
SE	Andaluzia Oriental, Murcia	-
Canárias	Canárias (Arquipélago)	-
Madeira	-	Madeira (Arquipélago)

3 Metodologia

3.1 Aspetos gerais e secções geográficas de análise

Na presente secção descreve-se resumidamente a metodologia aplicada para efetuar a identificação da ocorrência de eventos naturais de partículas com origem nos desertos africanos, bem como, a quantificação da sua influência nas concentrações de partículas em suspensão PM₁₀. Em termos metodológicos seguem-se as seguintes etapas:

- os dias de ocorrência de intrusão de ar proveniente do Norte de África são identificados e assinalados para cada região do país, recorrendo-se a um conjunto de ferramentas para o efeito;
- em cada região identifica-se uma estação de monitorização da qualidade do ar, rural de fundo, representativa da qualidade do ar livre da influência de fontes de emissão antropogénica⁴. Estas estações servem, numa primeira fase, para verificar se houve influência do evento natural nas concentrações de partículas medidas à superfície e, numa segunda fase, para quantificar a contribuição da intrusão de poeiras em cada região de jurisdição das Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR);
- após a identificação dos dias em que ocorreu intrusão de ar transportando partículas provenientes do Norte de África, a contribuição do evento em Portugal é quantificada em cada região.

3.2 Identificação de eventos naturais

A identificação dos dias de evento natural é efetuada anualmente e tem sido baseada na metodologia descrita por Querol *et al* (2013). Para tal, utiliza-se uma combinação de informação dada por diversas fontes (representadas na Figura 5), nomeadamente:

- a) Modelos **BSC Dust Daily Forecast**⁵ (BSC-DREAM8b e NMMB/BSC-Dust) e Modelo **SKIRON Dust**⁶: indicam o acréscimo de poeira mineral, com origem nos desertos do Norte de África, nas concentrações de partículas à superfície. Mais recentemente tem sido disponibilizada informação adicional, pelo WMO SDS-WAS (*Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System*) no sítio da Agência Meteorológica Espanhola (AEMET)⁷, permitindo comparar a previsão proveniente de diversas fontes, utilizando-se a mesma para verificação de casos em que subsistem dúvidas na classificação final de ocorrência de evento natural;
- b) Retrotrajetórias do modelo **HYSPLIT**⁸: indicam a proveniência e o percurso da massa de ar no local das estações de monitorização, a vários níveis de altitude (750 m, 1500 m, 2500 m), nos cinco dias anteriores à data em estudo.

⁴ Na região Centro, devido às especificidades das zonas Centro Litoral e Centro Interior, tem-se utilizado uma estação rural de fundo de cada uma destas zonas, perfazendo um total de duas estações representativas na região Centro.

⁵ BSC Dust Daily Forecast: <https://ess.bsc.es/bsc-dust-daily-forecast>.

⁶ SKIRON Dust: <http://forecast.uoa.gr/dustindx.php>.

⁷ Forecast comparison: <https://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-forecasts/forecast-comparison>.

⁸ HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory): http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php.

Nesta etapa seleciona-se, para cada uma das regiões em estudo, uma localização da estação rural de fundo representativa para a qual se obtêm as retrotrajetórias nas datas em estudo de ocorrência de evento natural. É também nestas estações que se baseia a metodologia de quantificação da fração natural (daí que se pretenda que a estação seja a mais remota possível em relação à influência de fontes de emissão antropogénicas, apresentando as concentrações mais reduzidas de partículas em suspensão para se poder identificar a contribuição da fração natural);

- c) Produtos **NAAPS** Global Aerosol Model⁹: fornecem informação relativa à ocorrência de poeiras, sulfatos e incêndios. Esta informação é particularmente relevante na análise de anos com ocorrência de elevado número de incêndios florestais, permitindo distinguir as causas de aumentos significativos nas concentrações de partículas em zonas rurais;
- d) Adicionalmente, têm sido consultadas, **imagens de satélite** em que é visível a influência de evento natural (NASA WorldView¹⁰) ou a ocorrência de incêndios (NASA FIRMS¹¹) que possam ter afetado as concentrações de PM₁₀ no período em análise, apresentadas sempre que se justifique para ilustração de casos particulares;
- e) Imagens **LIDAR**¹²: nos casos de dúvida, em que a informação dada pelas restantes ferramentas se revela insuficiente, é possível analisar o perfil vertical da atmosfera, em datas específicas, verificando-se a existência de aerossol troposférico de origem natural;
- f) **Concentrações** medidas nas estações de monitorização da qualidade do ar¹³ em cada região: esta informação é utilizada para aferir se o perfil de concentrações de PM₁₀ é influenciado pela ocorrência de evento natural (há eventos que, apesar de detetados por modelação, acabam por não ter expressão significativa no aumento das concentrações de PM₁₀ medidas à superfície).

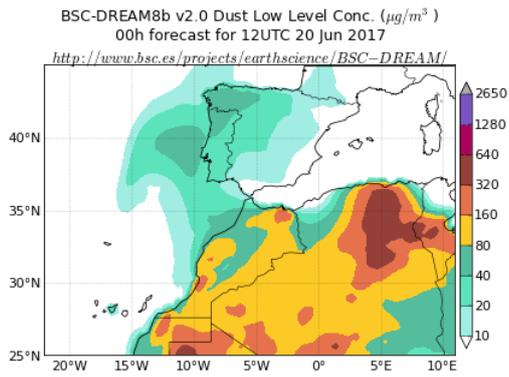
⁹ NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System) - NRL/Monterey: <https://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/#currentaerosolmodeling>.

¹⁰ NASA EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) Worldview: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

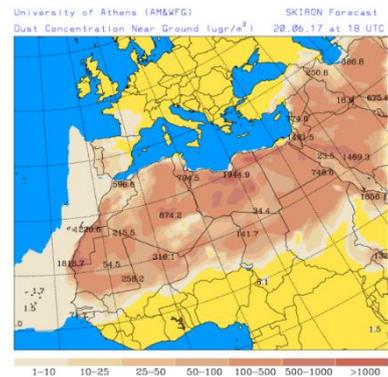
¹¹ NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System): <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>

¹² LIDAR (Light Detection And Ranging): https://www-calipso.larc.nasa.gov/products/lidar/browse_images/show_calendar.php.

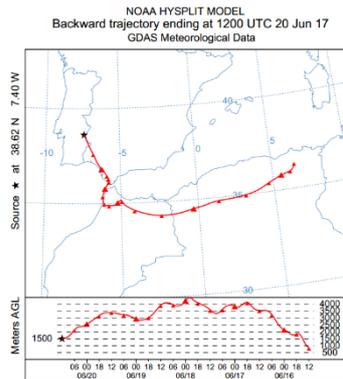
¹³ QUALAR/Downloads: <https://qualar1.apambiente.pt/qualar/index.php?page=6>.



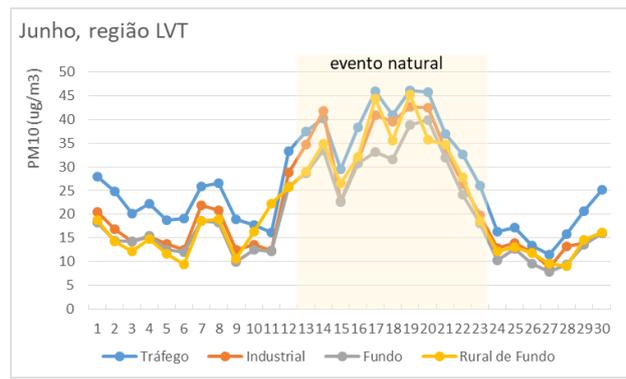
a)



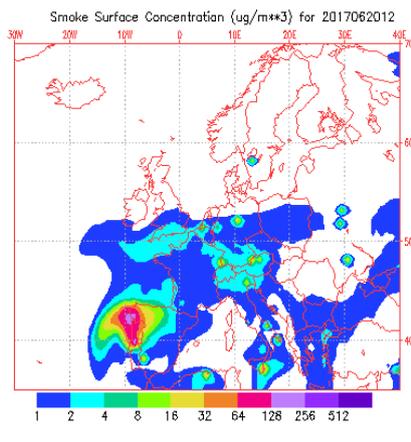
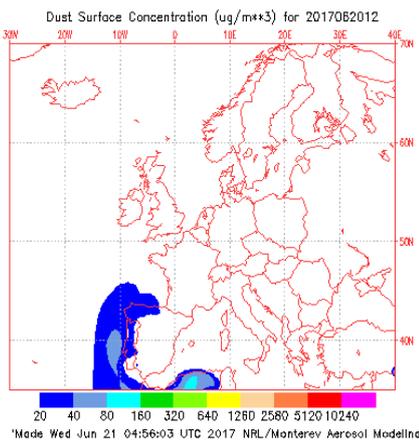
b)



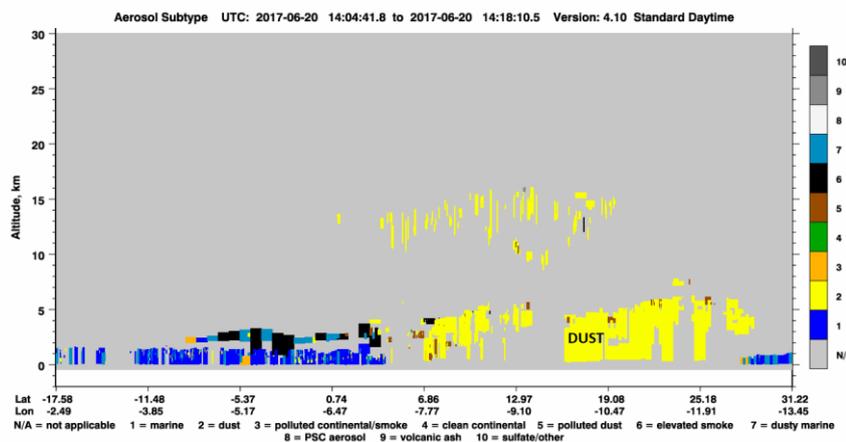
c)



d)



e)



f)

Figura 5. Fontes de informação utilizadas na identificação da ocorrência de eventos naturais em Portugal (exemplo para dia 20/06/2017: a) BSC-DREAM8b, b) SKIRON, c) HYSPLIT, d) Concentrações de PM₁₀, e) NAAPS Dust e Smoke, f) LIDAR)

3.3 Quantificação da influência de eventos naturais nas concentrações de partículas em suspensão

De acordo com o descrito no Guia para a demonstração e subtração de excedências atribuíveis a fontes naturais (CUE, 2011), a quantificação da influência de eventos naturais nas concentrações de partículas em suspensão no ar ambiente deve obedecer aos seguintes princípios chave:

- a) as contribuições naturais não devem ser causadas por atividades humanas diretas ou indiretas;
- b) a quantificação da contribuição natural deve ser suficientemente precisa;
- c) a quantificação da contribuição natural deve ser temporalmente consistente com o período de integração do valor limite considerado;
- d) a quantificação das fontes naturais deve ser descrita espacialmente;
- e) as contribuições da fração natural devem ser demonstradas através de um processo de avaliação sistemática.

Após a identificação dos dias em que ocorreu intrusão de ar transportando partículas provenientes das zonas áridas do Norte de África, a contribuição do evento natural em Portugal é quantificada por região. A metodologia de cálculo da contribuição das PM₁₀ de origem natural, que tem sido aplicada a nível nacional, é baseada na indicada em Querol *et al* (2013).

Como ponto de partida, para cada uma das regiões em estudo, é selecionada uma estação rural de fundo representativa. O objetivo é que a estação seja a mais remota possível em relação à influência de fontes de emissão antropogénicas para se poder identificar a contribuição da fração natural nas concentrações de partículas em suspensão. Selecionaram-se as seguintes estações representativas, representadas na Figura 6:

- Douro Norte (OLO) na região Norte;
- Ervedeira (ERV) na zona Centro Litoral e Fundão (FUN) na zona Centro Interior¹⁴;
- Chamusca (CHA) na região de Lisboa e Vale do Tejo;
- Terena (TER) na região Alentejo;
- Cerro (CER) na região do Algarve;
- Santana (SAN) na região da Madeira.

¹⁴ Na região Centro, devido às especificidades das zonas Centro Litoral e Centro Interior, tem-se utilizado uma estação rural de fundo representativa de cada uma destas zonas (ao invés de apenas uma estação para toda a região Centro).

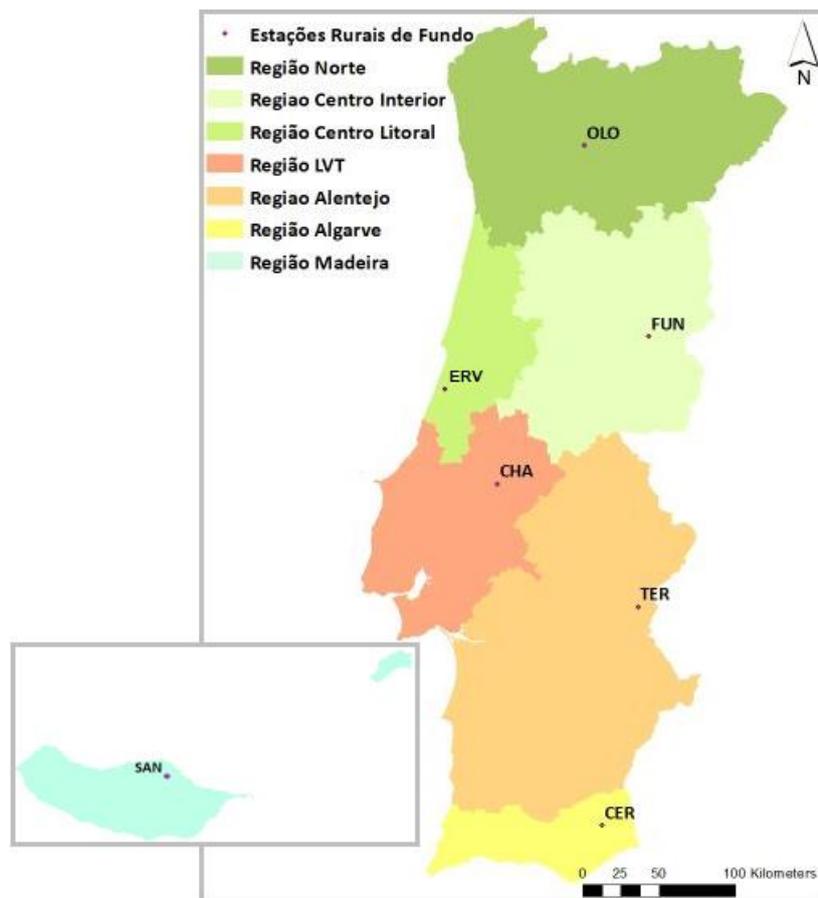


Figura 6. Regiões e estações rurais de fundo representativas utilizadas para a quantificação da contribuição de eventos naturais em Portugal em 2019

Os cálculos da contribuição da fração natural compreendem, resumidamente, as seguintes etapas:

- para cada dia de evento natural, previamente identificado, em cada estação regional de fundo selecionada como representativa, determina-se o Percentil 40 dos 30 dias centrados nesse dia de evento (sendo o dia de evento o 15.º e não se incluindo o valor registado neste dia no cálculo do percentil). Considera-se que o Percentil 40¹⁵ reproduz adequadamente o valor das estações de fundo sob a influência de processos de advecção de ar atlântico (não contaminado);
- a diferença entre o valor de PM₁₀ registado no dia de evento e o Percentil 40 desse dia corresponde à contribuição de PM₁₀ de origem natural;
- a contribuição calculada a partir da estação de rural de fundo representativa de cada região é posteriormente subtraída às concentrações médias diárias de todas as estações de cada região.

A análise dos resultados obtidos com a aplicação desta metodologia pode incidir em vários aspetos, entre eles a verificação da conformidade legal – face aos valores limite (VL) anual e diário de PM₁₀. Se

¹⁵ Estudos efetuados sobre os níveis de PM₁₀, registados em estações EMEP em Espanha e em locais regionais de fundo em Portugal, durante dias com condições atmosféricas advectivas prevalentes (Atlântico, Mediterrâneo, Europa, mas excluindo dias africanos) mostram que o percentil 40, centrado num período de 30 dias, reproduz adequadamente o histórico regional registado em processos advectivos (Querol *et al.*, 2013; Escudero, 2007).

uma dada estação estiver em excedência ao VL e, após a subtração do evento natural, a concentração se tornar inferior ao VL, então considera-se que essa situação de excedência foi causada pela contribuição de uma fonte natural, tal como previsto pelo Decreto-Lei nº. 102/2010.

Na aplicação da metodologia de desconto de eventos naturais podem surgir situações especiais que implicam ligeiras alterações à metodologia definida. Algumas delas decorrem do desfasamento entre a intensidade do evento registado numa estação rural de fundo e nas restantes estações de uma dada região, pelo facto de a massa de ar carregada com partículas ter uma diferente abrangência espacial, por exemplo, progredindo sequencialmente do litoral para o interior (ou vice-versa), ou em diferentes níveis verticais da atmosfera. Destacam-se as seguintes situações especiais identificadas:

- (i) **indisponibilidade de dados de concentrações médias diárias da estação rural de fundo representativa** – em determinado dia de episódio pode não haver informação relativa à concentração de PM₁₀ na estação rural de fundo representativa. Neste caso, a contribuição de origem natural de partículas pode ser calculada utilizando outra estação rural de fundo (de preferência a mais próxima e da mesma região);
- (ii) **a contribuição natural obtida é nula** – em determinados episódios o desconto da contribuição poderá ser nulo. Esta situação reflete um episódio com fraca carga de partículas. Nestes casos opta-se por não se aplicar o desconto da contribuição de evento natural;
- (iii) **a contribuição natural obtida é negativa** – em determinadas situações o fenómeno natural é mais intenso na localização da estação rural de fundo representativa do que nas restantes, sendo que a contribuição natural estimada pode dar origem a valores negativos. Nestes casos pode seleccionar-se uma das opções, pela seguinte ordem:
 - a. substitui-se o valor estimado do desconto pela média dos descontos entre a estação rural de referência e a estação rural de fundo mais próxima;
 - b. se o valor descontado continuar negativo, substitui-se pelo desconto determinado através da estação rural de fundo mais próxima;
 - c. caso o valor continue negativo, então substitui-se o valor da estação, onde ocorre este caso, pelo Percentil 40 da própria estação (removendo os dias de evento natural);
- (iv) **efeito de persistência** – na identificação dos dias com ocorrência de evento natural inclui-se a possibilidade do prolongamento da intrusão, por efeito de persistência do evento, caso as condições meteorológicas não favoreçam a dispersão atmosférica. Pode considerar-se até dois dias o período de residência das partículas com origem natural, após o evento ter terminado;
- (v) **especificidades regionais:**
 - a. **Região Centro** – a região Centro tem uma orografia determinante (principalmente marcada pela Cordilheira Central juntamente com os maciços das Serras de Caramulo e Montemuro), que influencia a dispersão dos poluentes, ocorrendo por vezes um desfasamento entre a intensidade do evento registado nas zonas Centro Litoral e Centro Interior. Analisando os coeficientes de correlação entre as concentrações da zona Centro Interior e da zona Centro Litoral verificam-se também comportamentos distintos entre estas duas zonas. Por estes motivos, tem vindo a ser aplicada uma abordagem metodológica que trata as zonas litoral e interior de forma independente. Assim, são seleccionadas duas estações rurais de fundo representativas da região: a do Fundão para a zona Centro Interior e a de Ervedeira para a zona Centro Litoral (em vez de se considerar apenas a do Fundão para avaliar toda a região Centro);
 - b. **Região Autónoma dos Açores (RAA)** – a RAA é representada pela estação de monitorização da qualidade do ar do Faial. No que diz respeito aos modelos utilizados para a identificação dos dias de ocorrência de evento natural, estes não dispõem de informação

para esta região, uma vez que nenhum dos domínios disponíveis abrange a RAA. Contudo, verifica-se que os níveis de PM₁₀ registados no Faial são habitualmente reduzidos, sendo que em 2019 esta estação foi a que apresentou a média anual de PM₁₀ mais baixa no país, de 8 µg/m³, e um percentil 95 (diário) de 17 µg/m³, não representando situações críticas para a saúde humana.

3.4 Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar

A constituição das redes de monitorização da qualidade do ar é regulada pelo Decreto-Lei n.º 102/2010 que estabelece critérios quanto à tipologia de estações e número mínimo dados recolhidos anualmente em medições consideradas de medição fixa e indicativa.

Na avaliação de eventos naturais os dados das estações rurais de fundo são essenciais (para determinar os descontos a aplicar a todas as restantes estações), sendo desejável obter a série de dados anual o mais completa possível. Assim é efetuada uma análise prévia às eficiências anuais das medições de PM₁₀ nas estações de monitorização.

A eficiência mínima legal (Decreto-Lei n.º 102/2010) a considerar para uma estação com medições fixas em contínuo é de 85%¹⁶. Abaixo desse valor (mas superior a 14%) considera-se que as medições são indicativas. As estações de monitorização também são designadas como indicativas se não excederem o limiar superior de avaliação (LSA) nos cinco anos anteriores, sendo a sua necessidade de monitorização menos exigente, desde que esteja acima da cobertura anual de 14%.

¹⁶ 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%.

4 Identificação dos dias de eventos naturais em 2019

Em 2019 identificaram-se, no total, 121 dias de intrusão de massa de ar com origem africana sobre o território de Portugal Continental e Arquipélago da Madeira (representando 33% do ano), enquadrando-se num valor um pouco acima da média (observado desde 2015), relativamente a anos anteriores (nomeadamente de 2012 a 2014), tal como demonstrado na Figura 7.

Os dias de evento natural (EN) identificados, de acordo com a metodologia descrita anteriormente, para o ano de 2019, encontram-se indicados na Tabela 4. A análise individualizada de todos os episódios identificados encontra-se documentada em Anexo ao presente relatório.

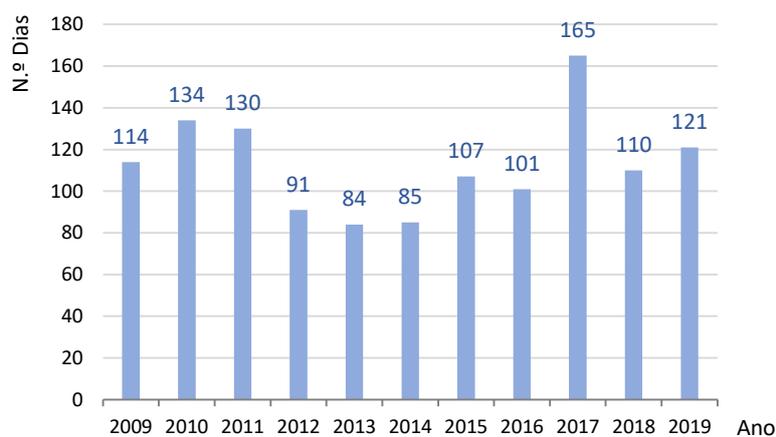


Figura 7. Distribuição do número de dias de evento natural por ano

**Tabela 4. Identificação de episódios de intrusão de poeiras provenientes do Norte de África no ano de 2019
(datas de ocorrência por região)**

MÊS	DIA	NOR	CEN	LVT	AL	ALG	MAD	MÊS	DIA	NOR	CEN	LVT	AL	ALG	MAD	
Janeiro	13						x		18				x	x		
	14						x		19					x		
	5						x	Julho (continuação)	22	x	x	x	x	x		
	6						x		23	x	x			x	x	
	7						x		24	x	x			x	x	
	11		x	x					22	x	x	x	x	x		
	12		x	x			x	23	x	x	x	x	x	x	x	
	13			x			x	24	x	x	x	x	x	x	x	
	14			x		x	x	25	x	x	x	x	x	x	x	
	15	x	x	x	x	x	x	26	x	x	x	x	x	x		
	16	x	x	x	x	x	x	27	x	x	x	x	x	x		
Fevereiro	17	x	x	x	x	x	x	28	x	x	x	x	x	x		
	18				x	x		29	x	x	x	x	x	x		
	19				x	x		30	x	x	x	x	x	x		
	20	x	x	x	x	x		31	x	x	x	x	x	x		
	21	x	x	x	x	x	x	1					x	x		
	22	x	x	x	x	x	x	2				x	x	x		
	23	x	x	x	x	x	x	3	x	x	x	x	x	x		
	24	x	x	x	x	x	x	4	x	x	x	x	x	x	x	
	25	x	x	x	x	x		5		x	x	x	x	x	x	
	26	x	x					6				x	x	x	x	
	27	x						7				x	x	x	x	
	16			x	x	x		8				x	x	x	x	
	17		x	x	x	x		9					x	x	x	
	18			x	x	x		Setembro	10						x	
	23	x	x	x	x	x			12		x	x	x			
	24	x	x	x	x	x	x		13	x	x	x	x	x		
Março	25	x	x	x	x	x	x		14	x	x	x	x	x	x	x
	26	x	x	x	x	x	x		15	x	x	x	x	x		
	27				x	x	x		16	x	x	x	x	x	x	
	28				x	x	x		17	x	x	x	x	x	x	
	29		x	x	x	x	x		18	x	x	x	x	x		
	30	x	x	x	x	x	x		19	x	x	x	x	x		
	31	x	x	x	x	x	x		20	x	x	x	x	x		
Abril	1	x	x	x	x	x		8							x	
	2	x	x	x	x	x		9							x	
	17	x	x					10	x	x	x	x	x	x		
	20	x	x					11	x	x	x	x	x	x		
	21	x	x	x	x		x	12	x	x	x	x	x			
Maio	2						x	Outubro	13	x	x	x	x	x		
	3						x		26	x	x	x	x	x		
Junho	1			x	x	x	x		27	x	x	x	x	x	x	
	2				x	x	x		28	x	x	x	x	x	x	
	3						x		29	x	x	x	x	x	x	
	27	x							30		x	x	x	x	x	
28	x	x	x	x	x		31								x	
29	x	x	x	x	x		Novembro		1				x	x	x	x
30	x	x	x	x	x				2			x	x	x	x	x
6						x			5	x						
7						x		6	x	x	x					
8						x		7	x	x	x	x	x	x	x	
9		x	x	x	x	x		8	x	x	x	x	x			
10		x	x	x	x			24							x	
Julho	11		x	x	x	x			25							x
	12	x	x	x	x	x			26	x	x	x	x	x	x	
	13	x	x	x	x	x			27		x	x	x	x	x	
	14	x	x	x	x	x		28		x	x	x	x	x		
	15	x	x	x	x	x		29	x	x	x				x	
	16	x	x	x	x	x		30	x	x	x					
	17	x	x	x	x	x		31	x	x	x					
Total Anual		PT: 121	72	82	9	88	89	56								

Legenda: PT: Portugal; NOR: região Norte; CEN: região Centro; LVT: região de Lisboa e Vale do Tejo; AL: região do Alentejo; ALG: região do Algarve; MAD: região da Madeira. Dias de ocorrência de evento natural assinalados com "x".

De um modo geral, o número de dias com intrusões africanas foi mais elevado nas regiões a sul decrescendo para as regiões mais a norte de Portugal Continental (Figura 8).

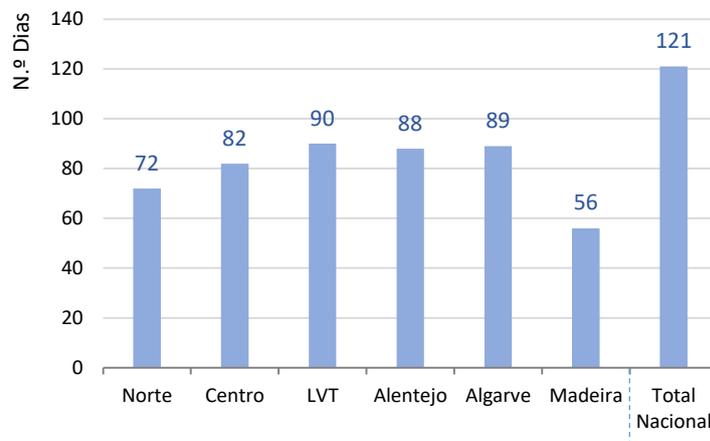


Figura 8. Distribuição do número de dias de evento natural por região em 2019

Em 2019, os 121 dias de EN ocorreram distribuídos por 18 episódios. A duração média dos episódios foi de 6,7 dias. Esta média mais elevada em relação a outros anos, deveu-se à contribuição da ocorrência de quatro episódios de longa duração (entre 11 a 20 dias). Neste ano, a duração mais frequente deste tipo de fenómeno natural foi de três dias (episódios de curta duração), tal como se representa na Figura 9.

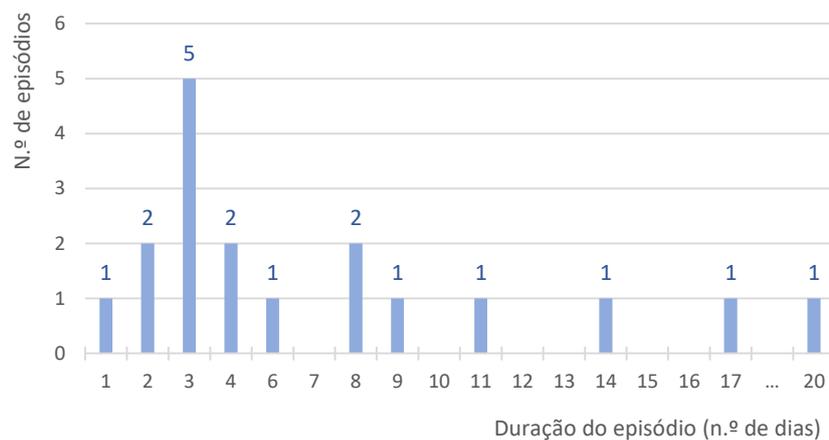


Figura 9. Distribuição do número de episódios de ocorrência de evento natural de acordo com a sua duração em 2019

No que diz respeito à distribuição da ocorrência de eventos naturais por mês do ano apresenta-se a Figura 10. Verifica-se que os meses de maior ocorrência de eventos naturais têm apresentado grande variabilidade nos últimos anos. Em 2019, registaram-se mais eventos naturais nos meses de fevereiro (com um desvio significativo em relação à média do número de dias com evento natural nos últimos 10 anos), março, julho e setembro. Adicionalmente verificou-se que:

- os meses de fevereiro e março apresentaram temperaturas acima da média, observando-se duas ondas de calor. Neste período ocorreram 4 episódios de EN, dois deles muito longos (de 11 dias e 17 dias de duração);
- por outro lado o mês de maio foi extremamente seco e muito quente mas apenas se contabilizaram 2 dias de EN no Algarve, sendo um dos meses com grande desvio em relação à média de dias de EN nos últimos 10 anos;
- o mês de setembro foi extremamente quente (com uma onda de calor de 29 de agosto a 6 de setembro) e seco (valor médio de precipitação de 47% face ao normal). Este mês foi o segundo na ocorrência do maior número de dias de evento natural (um episódio de 20 dias de duração, iniciado em agosto e com ocorrência de 10 dias no mês de setembro, e outro de 9 dias, quase consecutivos). Neste mês decorreu também a maior parte dos grandes incêndios da época de 2019, atingindo com maior severidade as regiões Norte e Centro Interior;
- o mês de dezembro foi quente e chuvoso, tendo-se registado anomalias positivas da temperatura média e máxima face ao normal. Também ao nível da ocorrência de EN o número de dias esteve acima (cerca do dobro) da média dos últimos 10 anos.

Informação adicional relativa a aspetos meteorológicos relevantes em 2019 encontra-se indicada na Caixa 1.

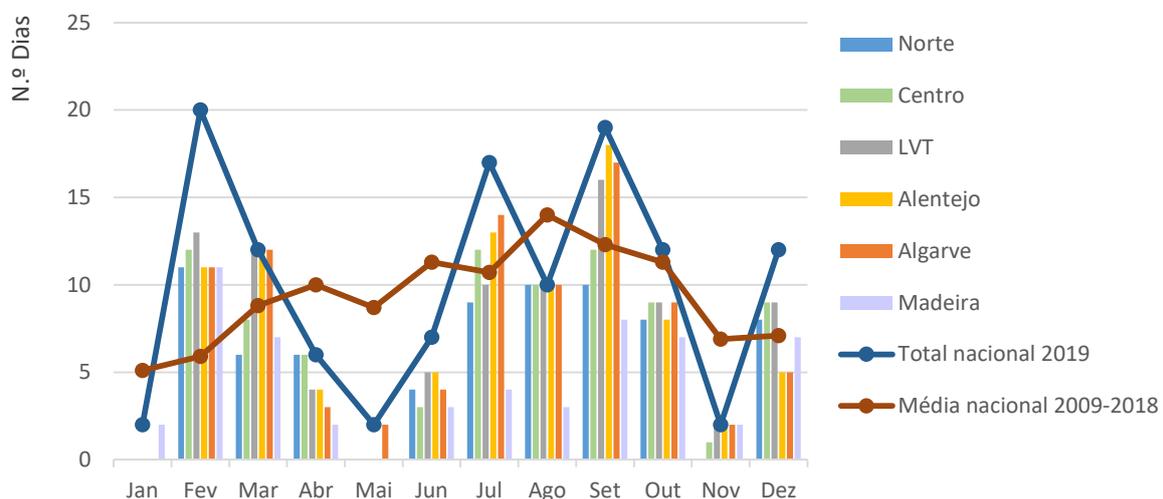


Figura 10. Distribuição do número de dias de evento natural, por região e mês, em 2019

A ocorrência de incêndios florestais pode contribuir para um acréscimo adicional das concentrações de PM₁₀, podendo conduzir a uma sobrestimativa da fração de origem natural. Esta componente teve um peso significativo no ano de 2017, mas não em 2018 e 2019. Comparando os valores do ano de 2019 com o histórico dos 10 anos anteriores, assinala-se que se registaram menos 46% de incêndios rurais e menos 70% de área ardida relativamente à média anual da década (ICNF, 2019). O ano de 2019

apresentou, até ao dia 15 de outubro, o 2.º valor mais reduzido em número de incêndios, o 2.º valor mais reduzido de área ardida e a primeira vez que a redução de área ocorre em dois anos consecutivos, desde 2009 (ICNF, 2019). Informação adicional relativa a incêndios rurais relevantes em 2019 encontra-se indicada na Caixa 1.

Caixa 1.

Aspetos meteorológicos e incêndios rurais relevantes em 2019 (Fonte: IPMA, 2020)

De acordo com o boletim climatológico anual do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) o ano de 2019, em Portugal Continental, classificou-se como quente e seco.

O valor médio anual da temperatura média do ar em 2019, 15.58 °C, foi superior em 0.32 °C ao valor normal 1971-2000. Valores de temperatura média do ar superiores aos registados em 2019 ocorreram em cerca de 30 % dos anos desde 1931. Destacam-se ainda: i) valores médios de temperatura máxima do ar quase sempre acima do valor normal (exceto nos meses de junho e novembro), realçando-se o mês de maio com uma anomalia superior a 4 °C; ii) valores médios da temperatura mínima do ar em geral inferiores ao normal; apenas em 3 meses foram superiores (maio, novembro e dezembro).

No ano de 2019 o valor médio de precipitação total anual, 755.6 mm, correspondeu a cerca de 86 % do valor normal. Apenas 3 meses registaram valores de precipitação superiores ao normal (abril, novembro e dezembro), nos restantes meses o valor médio foi sempre inferior ao normal, realçando-se os meses de janeiro, fevereiro e maio com anomalias negativas muito significativas.

Destacam-se ainda os seguintes eventos relevantes:

- Tempo quente em **fevereiro**: ultrapassados os maiores valores da temperatura máxima, em particular nas regiões do Norte e Centro com ocorrência de uma onda de calor (de 21 a 28 de fevereiro, datas em que também ocorreu evento natural);
- Tempo quente em **março**: onda de calor (de 20 a 31 de março) em grande parte da região Norte e Centro e Alto Alentejo. Em alguns locais a onda de calor prolongou-se até aos primeiros dias de abril. Neste período também se assinalou a ocorrência de eventos naturais;
- Mês de **maio** extremamente seco e muito quente: 6º mais seco desde 1931 e 7º mais quente desde 1931. Ocorrência de uma onda de calor em quase todo o território com exceção das regiões do litoral e do Algarve. Neste mês a frequência de eventos naturais foi muito reduzida;
- Mês de **junho** muito frio: o mais frio desde 2000. O valor médio da temperatura mínima do ar foi o 4º valor mais baixo desde 1931, tendo sido ultrapassados ou igualados os menores valores da temperatura mínima para este mês;
- O mês de **setembro** foi extremamente quente e seco. O valor médio da temperatura média do ar foi 0.72°C acima do valor normal. O valor médio da temperatura máxima do ar foi o 6º mais alto desde 2000. Durante o mês ocorreu uma onda de calor em cerca de 10% das estações meteorológicas e afetando principalmente a região Sul do país (entre 29 agosto e 6 de setembro). Em relação à precipitação, o valor médio foi inferior ao valor normal (47%). Apenas se registaram valores de precipitação superiores a 1 mm em 3 dias. Este mês foi o segundo na ocorrência de maior número de dias de evento natural (um episódio de 20 dias de duração, iniciado em agosto e com ocorrência de 10 dias no mês de setembro, e outro de 9 dias, quase consecutivos);
- Passagem das depressões Daniel, Elsa e Fabien em **dezembro**, que originaram em Portugal Continental precipitação forte e persistente e vento forte. Neste mês ocorreram EN em frequência superior à média dos 10 anos anteriores;
- Situação de **seca meteorológica** entre janeiro e outubro em todo o território, mantendo-se ainda nos meses de novembro e dezembro na região Sul.

Caixa 1.

Aspetos meteorológicos e incêndios rurais relevantes em 2019 (Fonte: IPMA, 2020)

Em relação à época de incêndios de 2019 esta não apresentou uma severidade extrema ou excecional. As áreas ardidas neste ano foram de 41 622 ha. Os distritos com maior área ardida foram Santarém (6 711 ha), Castelo Branco (6 391 ha) e Vila Real (3 243 ha).

As datas em que se registaram as maiores áreas ardidas (acima de 500 ha), em que nalguns casos se sobrepueram a períodos de transporte de poeiras do Norte de África, ou ocorreram adjacentes a estes, foram:

- incêndios de 24 de maio a 3 de junho: 560 incêndios e 1 620 ha de área ardida, sem ocorrência expressiva de eventos naturais;
- incêndios de 19 a 23 de julho: 305 ocorrências e 11 305 há de área ardida. Neste período ocorreu o maior incêndio da época - Vila de Rei (distrito Castelo Branco). Verificou-se também a ocorrência de eventos naturais neste período mas com maior incidência nos dias anteriores;
- incêndios de 20 a 25 de agosto: 370 ocorrências, 588 ha de área ardida. Ocorrência de evento natural neste período, que se prolonga até ao fim do mês em todo o território de Portugal Continental;
- incêndios de 1 a 15 de setembro: 1 643 ocorrências e 12 635 ha de área ardida. Neste período ocorreu a maior parte dos grandes incêndios da época de 2019 atingindo com maior severidade os distritos de Aveiro (Águeda), Porto (Baião), Vila Real (Valpaços), Castelo Branco (Sertã/Marmeleiro). O mês de setembro registou um episódio de evento natural com duração de 9 dias.

5 Aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural às concentrações de PM₁₀ em 2019

5.1 Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar em 2019

Na avaliação de eventos naturais os dados das estações rurais de fundo são essenciais (para determinar os descontos a aplicar a todas as restantes estações), sendo desejável obter a série de dados anual o mais completa possível. A Tabela 5 apresenta a eficiência anual das medições de PM₁₀ nas estações das zonas e aglomerações no ano de 2019. As eficiências abaixo de 85%, estabelecidas para as designadas medições fixas, encontram-se destacadas a vermelho. As estações com medição indicativa devem ter uma eficiência de, pelo menos, 14%.

Do total de 55 estações operacionais em 2019, com medições de PM₁₀ em Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, em 35 obtiveram-se eficiências iguais ou superiores a 85%, o que representa 64% de estações com medições com uma significativa cobertura anual.

Em termos da análise da influência de eventos naturais nas concentrações de PM₁₀, esta estará mais condicionada pelas falhas de medições na região Norte (Figura 11), já que apenas uma estação de monitorização desta região teve uma eficiência acima de 85%. A Figura 11 representa o número de estações de monitorização de qualidade do ar que tiveram uma eficiência anual acima e abaixo dos 85%, por região.

Tabela 5. Eficiência anual das medições de partículas PM₁₀ nas estações de monitorização da qualidade do ar em 2019 (%)

Região	Tipo de Zona/ Nome da Zona		Tipo de estação/ Nome da estação/ Abreviatura da estação			Eficiência anual (%)	
Norte	A	Entre Douro e Minho	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém (FIX)	GMR	83	
				Pe Moreira Neves-Castelões de Cepeda (FIX)	PRD	97	
			F	Burgães-Santo Tirso (FIX)	BSTI	37	
				Frossos-Braga (FIX)	HORT	51	
				Paços de Ferreira (FIX)	LACT	68	
			Porto Litoral	T	Francisco Sá Carneiro-Campanha (FIX)	ANT	25
				João Gomes Laranjo-S.Hora (FIX)	HOR	81	
		I		Meco-Perafita (FIX)	PER	34	
				Seara-Matosinhos (IND)	SEA	84	
		F		Anta-Espinho (FIX)	AES	28	
				Avintes (IND)	AVI	12	
				Leça do Balio-Matosinhos (IND)	LEC	76	
				Mindelo-Vila do Conde (IND)	MVCO	14	
			VNTElha-Maia (IND)	VNT	52		
Z	Norte Interior	RF	Douro Norte (IND) ^R	OLO	84		
	Norte Litoral	RF	Minho-Lima (IND)	MNH	42		
Centro	A	Aveiro/Ílhavo	T	Aveiro (FIX)	AVE	100	
			F	Ílhavo (FIX)	ILH	100	
		Coimbra	T	Coimbra/ Avenida Fernão Magalhães (FIX)	MAG	100	
			F	Instituto Geofísico de Coimbra (IND)	GEO	99	
	Z	Centro Interior	RF	Fornelo do Monte (IND)	FORN	93	
				Fundão (IND) ^R	FUN	74	
		Centro Litoral	RF	Ervedeira (FIX) ^R	ERV	97	
	Litoral Noroeste do Baixo Vouga	I	Estarreja/Teixugueira (FIX)	TEI	95		
Lisboa e Vale do Tejo	A	AML Norte	T	Avenida da Liberdade (FIX)	AVL	95	
				Cascais - Escola da Cidadela (IND)	CASE	98	
				Entrecampos (IND)	ENT	98	
				Odivelas-Ramada (IND)	ODI	92	
				Santa Cruz de Benfica (IND)	SCB	91	
			F	Alfragide/Amadora (IND)	ALF	16	
				Alverca (FIX)	ALV	96	
				Loures-Centro (IND)	LOU	100	
				Mem Martins (FIX)	MEM	96	
				Olivais (FIX)	OLI	92	
			Quinta do Marquês (FIX)	MARQ	96		
			Reboleira (IND)	REB	98		
		I	Escavadeira (FIX)	ESCII	99		
			Lavradio (IND)	LAV	97		
		Paio Pires (FIX)	PP	98			
	F	Laranjeiro (FIX)	LAR	92			
	T	Quebedo (FIX)	QUE	94			
	F	Arcos (FIX)	ARC	98			
	Z	Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	RF	Chamusca (FIX) ^R	CHA	88	
				Fernando Pó (IND)	FPO	84	
			Lourinhã (FIX)	LOR	93		
			Terena (IND) ^R	TER	94		
Alentejo	Z	Alentejo Interior	RF	Terena (IND) ^R	TER	94	
		Alentejo Litoral	I	Monte Chãos (IND)	MCH	87	
				Sonega (IND)	SON	95	
Algarve	A	Aglomeração Sul	T	David Neto (FIX)	DVN	74	
			F	Joaquim Magalhães (FIX)	EJM	94	
		Malpique (FIX)	MAL	95			
Z	Algarve	RF	Cerro (IND) ^R	CER	82		
Madeira	A	Funchal	T	São João (IND)	SJO	100	
			F	São Gonçalo (IND)	SGO	96	
	Z	Madeira/ Porto Santo	RF	Santana (IND) ^R	SAN	100	

Legenda: Tipo de zonamento – A: Aglomeração, Z: Zona; T: Tráfego; I: Industrial; F: Fundo; RF: Rural de Fundo; FIX: estação de medição fixa; IND: estação de medição indicativa; ^R: Estação rural de fundo representativa da região ou zona;

 Eficiência anual inferior a 85%.

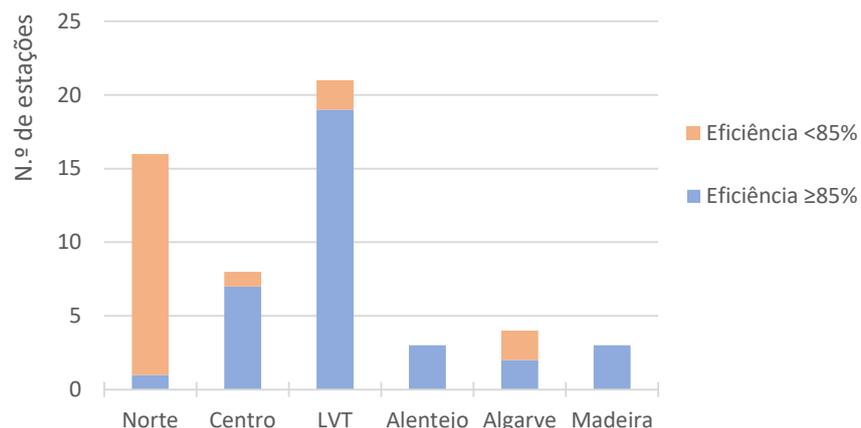


Figura 11. Número de estações de monitorização de qualidade do ar com eficiência anual acima e abaixo de 85%, por região, em 2019

5.2 Influência dos eventos naturais nas concentrações de PM₁₀ em 2019

A contribuição do acréscimo de partículas de origem natural nas concentrações de PM₁₀ foi determinada para o ano de 2019. Os resultados da aplicação da metodologia de desconto da fração natural de PM₁₀ apresentam-se na Tabela 6, na Figura 12 e Figura 13.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010, o número de excedências (Nº Exced) ao valor limite diário (VLD) de PM₁₀ (50 µg/m³) permitido por ano é de 35 e o valor limite anual (VLA) de PM₁₀ é de 40 µg/m³ (tal como descrito no ponto 2.2. *Enquadramento legislativo*).

Na Tabela 6 indica-se a média anual por estação de monitorização da qualidade do ar, antes e após a aplicação da dedução da contribuição de partículas com origem natural, bem como, a sua contribuição para as excedências ao VLD. A verificação da conformidade legal, no que respeita ao cumprimento dos valores limite anual e diário encontra-se representada na Figura 12 e Figura 13, respetivamente.

Tabela 6. Aplicação da metodologia de dedução da contribuição devida a eventos naturais em 2019 (resultados antes e após aplicação da metodologia de desconto, expressos nos indicadores concentração média anual e número de ultrapassagens ao valor limite diário de PM₁₀)

Zona	Tipo de estação/ Nome da estação (tipo de medição)/ Abreviatura		Efic. (%)	Base anual (Média anual)				Base diária (Dias>VLD)			
				Antes (N.º)	Antes (N.º)	Redução (µg/m ³)	Redução (%)	Antes (N.º)	Após (N.º)		
Região Norte											
A	Entre Douro e Minho	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém (FIX)/ GMR	83	16	15	1	8	0	0	
			Pe Moreira Neves (FIX)/ PRD	97	9	8	1	13	0	0	
		F	Burgães-Santo Tirso (FIX)/ BSTI	37	23	21	2	10	4	0	
			Frossos-Braga (FIX)/ HORT	51	10	8	2	17	1	1	
			Paços de Ferreira (FIX)/ LACT	68	18	17	1	7	0	0	
	Porto Litoral	T	Francisco Sá Carneiro-Campanhã (FIX)/ ANT	25	21	19	2	7	0	0	
			João Gomes Laranjo-S.Hora (FIX)/ HOR	81	16	15	1	8	0	0	
		I	Meco-Perafita (FIX)/ PER	34	20	19	1	5	0	0	
			Seara-Matosinhos (IND)/ SEA	84	17	15	2	11	4	0	
		F	Anta-Espinho (FIX)/ AES	28	20	17	3	16	4	0	
			Avintes (IND)/ AVI	12	24	23	1	5	0	0	
			Leça do Balio-Matosinhos (IND)/ LEC	76	17	16	2	11	5	1	
			Mindelo-Vila do Conde (IND)/ MVCO	14	25	19	6	25	5	0	
			VNTelha-Maia (IND)/ VNT	52	19	17	2	8	0	0	
Z	Norte Interior	RF	Douro Norte (IND)/ OLO	84	8	7	1	17	0	0	
	Norte Litoral	RF	Minho-Lima (IND)/ MNH	42	12	11	1	10	0	0	
Região Centro											
A	Aveiro/Ílhavo	T	Aveiro (FIX)/ AVE	100	22	21	2	9	16	11	
		F	Ílhavo (FIX)/ ILH	100	23	21	2	8	20	11	
	Coimbra	T	Coimbra/ Av Fernão Magalhães (FIX)/ MAG	100	22	20	2	8	7	6	
		F	Inst. Geofísico de Coimbra (IND)/ GEO	99	17	16	2	10	1	0	
Z	Centro Interior	RF	Fornelo do Monte (IND)/ FORN	93	6	4	2	31	2	0	
			Fundão (IND)/ FUN	74	12	10	2	14	0	0	
	Centro Litoral	RF	Ervedeira (FIX)/ ERV	97	19	17	2	11	9	6	
			Lit.Nor.B.Vouga	I	Estarreja/Teixugueira (FIX)/ TEI	95	24	21	2	9	11
Região de Lisboa e Vale do Tejo											
A	AML Norte	T	Avenida da Liberdade (FIX)/ AVL	95	25	23	2	8	14	8	
			Cascais - Escola da Cidadela (IND)/ CASE	98	23	21	2	7	4	3	
			Entrecampos (IND)/ ENT	98	21	19	2	10	9	5	
			Odivelas-Ramada (IND)/ ODI	92	20	18	2	11	9	5	
			Santa Cruz de Benfica (IND)/ SCB	91	19	17	2	11	5	1	
		F	Alfragide/Amadora (IND)/ ALF	16	20	18	2	9	1	1	
			Alverca (FIX)/ ALV	96	18	16	2	12	3	1	
			Loures-Centro (IND)/ LOU	100	20	18	2	11	2	2	
			Mem Martins (FIX)/ MEM	96	18	16	2	12	2	0	
			Olivais (FIX)/ OLI	92	17	15	2	12	5	2	
	AML Sul	I	Quinta do Marquês (FIX)/ MARQ	96	16	14	2	13	2	1	
			Reboleira (IND)/ REB	98	16	14	2	13	4	0	
			Escavadeira (FIX)/ ESCII	99	22	20	2	10	15	10	
		F	Lavrado (IND)/ LAV	97	16	14	2	13	5	2	
			Paio Pires (FIX)/ PP	98	26	24	2	8	26	18	
Setúbal	T	Laranjeiro (FIX)/ LAR	92	21	19	2	10	14	11		
	F	Quebedo (FIX)/ QUE	94	18	16	2	12	1	0		
Z	OVTPS	RF	Arcos (FIX)/ ARC	98	20	18	2	10	4	3	
			Chamusca (FIX)/ CHA	88	14	12	2	14	0	0	
			Fernando Pó (IND)/ FPO	84	15	14	2	12	0	0	
			Lourinhã (FIX)/ LOR	93	16	14	2	13	2	0	
Região Alentejo											
Z	Alentejo Int.	RF	Terena (IND)/ TER	94	12	10	2	19	0	0	
			Alentejo Litoral	I	Monte Chãos (IND)/ MCH	87	18	16	2	13	3
				Sonega (IND)/ SON	95	14	12	2	16	1	0
Região do Algarve											
A	Aglomeracão Sul	T	David Neto (FIX)/ DVN	74	32	30	2	7	7	2	
		F	Joaquim Magalhães (FIX)/ EJM	94	17	15	2	12	1	1	
			Malpique (FIX)/ MAL	95	21	19	2	10	4	0	
Z	Algarve	RF	Cerro (IND)/ CER	82	10	8	2	19	0	0	

Zona	Tipo de estação/ Nome da estação (tipo de medição)/ Abreviatura	Efic. (%)	Base anual (Média anual)				Base diária (Dias>VLD)			
			Antes (N.º)	Antes (N.º)	Redução (µg/m³)	Redução (%)	Antes (N.º)	Após (N.º)		
Região da Madeira										
A	Funchal	T	São João (IND)/ SJO	100	19	16	3	15	6	1
		F	São Gonçalo (IND)/ SGO	96	15	13	3	18	9	1
Z	Madeira/Porto Santo	RF	Santana (IND)/ SAN	100	12	9	3	25	8	0

Legenda: Z: Zona; A: A zona é uma aglomeração; Tipo de estação: T-Tráfego, I-Industrial, F-Fundo; **RF**-Rural de Fundo; **Lit.Nor.B.Vouga**: Litoral Noroeste do Baixo Vouga; **OVTPS** – Oeste Vale do Tejo e Península de Setúbal; **Efic.** – Eficiência anual; ^R – estação rural de fundo representativa da região; **FIX**: estação com medição fixa; **IND**: estação com medição indicativa; **antes/após** – média anual ou n.º de dias acima do VLD antes/após da aplicação dos descontos devido a evento natural; **Dias>VLD** – N.º de dias em excedência ao valor limite diário de PM₁₀.

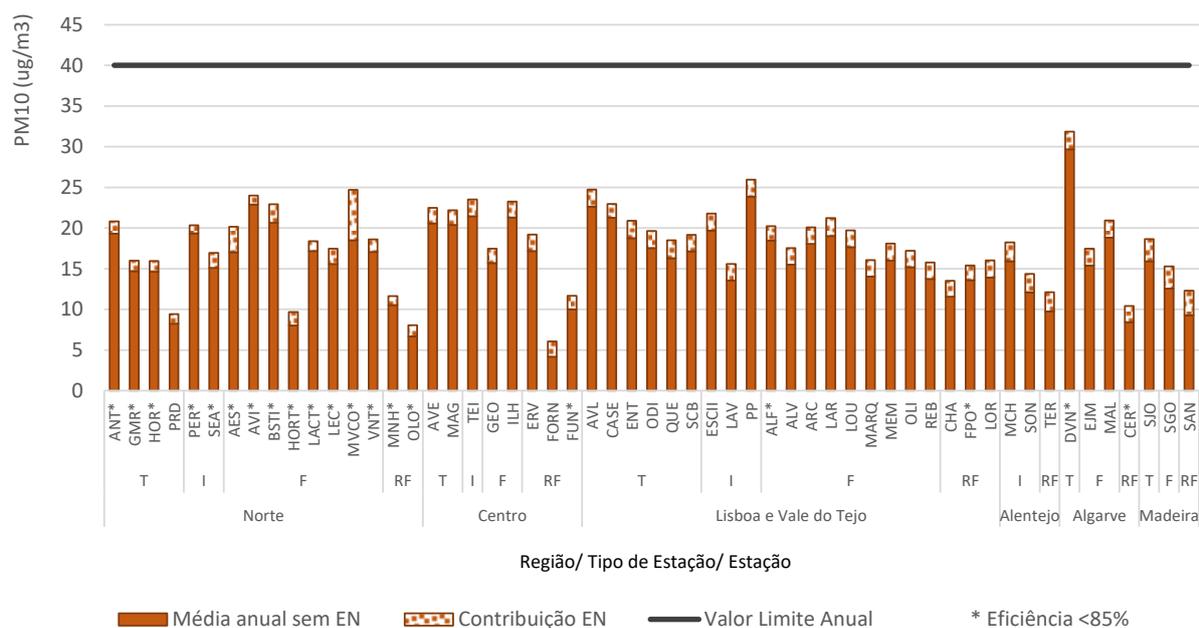


Figura 12. Média anual de PM₁₀, por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2019

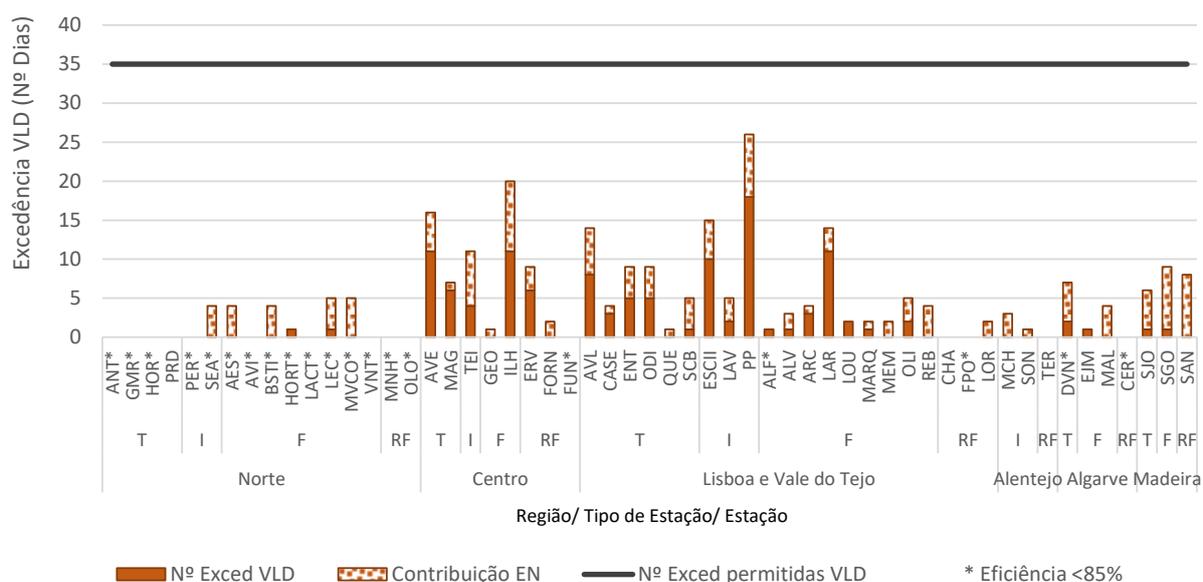


Figura 13. Número de dias em excedência ao valor limite diário de PM₁₀, por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2019

De acordo com os resultados das redes de monitorização da qualidade do ar, de base anual (Figura 12), verifica-se que as estações com as concentrações médias anuais mais elevadas, em 2019, antes da aplicação da metodologia de desconto da fração natural, foram as seguintes:

- David Neto, com $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo de tipo tráfego e localizada na Aglomeração Sul;
- Paio Pires, com $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estação de influência industrial da Área Metropolitana de Lisboa Sul;
- Avenida da Liberdade, com $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo uma estação de tráfego da Área Metropolitana de Lisboa Norte;
- Mindelo Vila do Conde, também com $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo uma estação de fundo da aglomeração do Porto Litoral, de medição indicativa, com eficiência de 14% em 2019.

Em termos dos resultados, em base diária (Figura 13), antes da aplicação da metodologia de desconto da fração natural, o maior número de ultrapassagens ao VLD ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ocorreu nas seguintes estações:

- Paio Pires, que se destaca das restantes com um total de 26 dias em excedência ao VLD. Esta estação regista a influência de fontes de emissão de partículas com origem industrial;
- Ílhavo e Aveiro, com 20 e 16 excedências ao VLD, respetivamente. Estas estações contabilizaram excedências ao VLD exclusivamente no período de inverno, em janeiro, fevereiro e dezembro, com exceção do dia 06/09/2019 com excedência devido à influência de um incêndio florestal. Estas ultrapassagens podem estar associadas a fracas condições de dispersão em dias de inverno associadas à utilização de biomassa para aquecimento doméstico. Para os dias de ultrapassagem ao VLD em janeiro e fevereiro, nestas estações, a média da altura da base da camada de mistura situou-se nos 189 m e 384 m, o que se traduz em condições propícias para a acumulação de poluentes à superfície.

Relativamente à verificação da conformidade legal face aos valores limites legais (VLA e VLD), verifica-se que em 2019 estes não foram ultrapassados. O VLD foi excedido mas em número inferior às 35 ultrapassagens diárias permitidas, por ano, pela legislação.

Com a aplicação da metodologia de desconto da fração com origem em eventos naturais, verifica-se que a fração natural contribuiu em média (tendo em conta as estações com eficiência $\geq 85\%$), com $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de acréscimo na média anual, o que representa um peso de 11% da média anual, e com 3,2 dias de excedência ao VLD.

O peso da contribuição de PM_{10} de origem natural para a média anual é mais significativo na região da Madeira (com menor número de dias de EN mas com maior contribuição de carga particulada). Segue-se a região Sul de Portugal Continental (englobando o Algarve, Alentejo e Lisboa e Vale do Tejo) que se destaca em relação às regiões Centro e Norte (Figura 14). Esta contribuição é também superior em zonas e inferior nas aglomerações.

Em 2019 a maioria das ultrapassagens ao VLD, em estações rurais de fundo, foi justificada pela ocorrência de eventos naturais, mas não a totalidade tal como ocorrido no ano anterior.

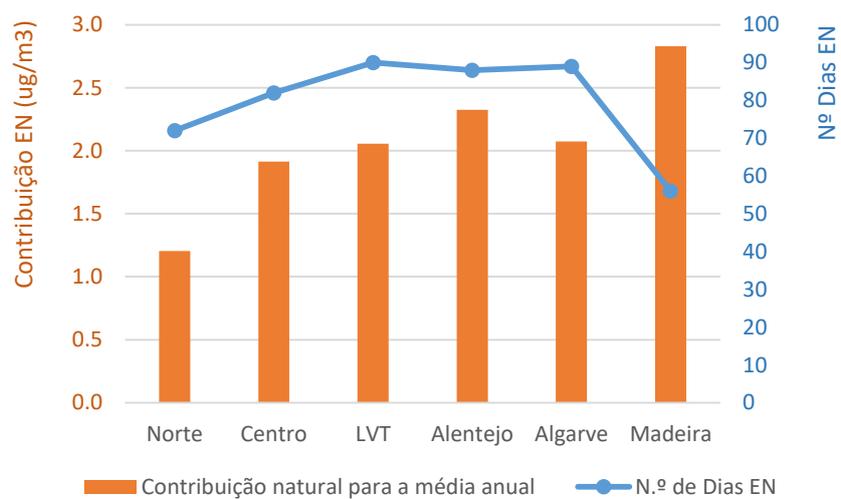


Figura 14. Contribuição da fração natural para a média anual de PM₁₀ e número de dias de EN identificados por região, em 2019

6 Conclusões

O transporte a longa distância de partículas com origem natural, desde zonas áridas do Norte de África, como é o caso dos desertos do Sahara e Sahel, traduz-se num acréscimo dos níveis de partículas em suspensão (PM₁₀) à superfície, podendo este ser significativo. A metodologia utilizada no âmbito do presente estudo permitiu efetuar a identificação dos dias de ocorrência destes fenómenos, designados por eventos naturais, no território de Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, bem como efetuar a avaliação da sua contribuição no acréscimo de concentrações de partículas PM₁₀.

A identificação dos dias de evento natural no ano de 2019 teve em conta a informação dada essencialmente pelos modelos BSC Dust Daily Forecast, SKIRON e HYSPLIT, bem como, pelas concentrações de PM₁₀ medidas nas estações de monitorização da qualidade do ar.

Relativamente aos dias de ocorrência de eventos naturais, em 2019, apuraram-se 121 dias com intrusões africanas representando 33% do ano, valor semelhante ao ano anterior mas em tendência crescente desde 2016. Os 121 dias de eventos naturais ocorreram distribuídos em 18 episódios, com uma duração média de 6,7 dias. Verifica-se que os meses de maior ocorrência de eventos naturais têm apresentado grande variabilidade nos últimos anos. Em 2019, registaram-se mais eventos naturais nos meses de fevereiro e março, considerados este ano como meses quentes (com a ocorrência de duas ondas de calor), julho e setembro.

Em relação à avaliação da contribuição dos eventos naturais para as concentrações de PM₁₀, verificou-se que o peso da fração natural na média anual das estações foi de 11%, valor dentro da média dos últimos dez anos.

Em relação à avaliação da conformidade legal face aos valores limites legais (anual e diário) verifica-se que em 2019 estes não foram ultrapassados. Registaram-se ultrapassagens ao valor limite diário mas em número permitido pela legislação, não se traduzindo em situações de inconformidade.

7 Referências bibliográficas

CUE - Conselho da União Europeia, (2011). *Commission staff working paper establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe*. 18 Fevereiro, Bruxelas.

Escudero M, Querol X, Pey J, et al (2007). *A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks*. Atmos Environ 41:5516–5524. doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.047.

ICNF – Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais, (2019). *8º Relatório provisório de incêndios rurais – 2019 – 01 de janeiro a 15 de outubro*. Departamento de Gestão de Fogos Rurais/ Divisão de Apoio à Gestão de Fogos Rurais, número 8.º RPIR/DAGFR/2019, 16/10/2019. Disponível em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/Resource/doc/rel/2019/2019-10-16-RPIR-08-01jan-15out.pdf>.

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), 2020a. *Boletim Climatológico Anual Portugal Continental 2019*, Acedido em: Junho de 2020, Disponível em: <http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&idDep=cli&idTema=pci&curAno=-1>

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), 2020b. *Incêndios rurais análise meteorológica & índices de perigo e de risco – Relatório Anual 2019*. Departamento de Meteorologia e Geofísica/ Divisão de Previsão Meteorológica Vigilância e Serviços Espaciais. Acedido em: Junho de 2020, Disponível em: http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20200311/ZNpTEzhnEInhmaWMeftn/met_20190501_20191031_fog_ex_co_pt.pdf

Querol, X., Alastuey, A., (1999). *Detection of Natural Events Influencing PM₁₀ Measurements*. Barcelona, Spain, [Documento não publicado].

Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., Escudero, M., Castillo, S., Orío, A., González, M., Pallarés, M., Jiménez, S., Ferreira, F., Marques, F., Monjardino, J., Cuevas, E., Alonso, S., Artíñano, B., Salvador, P., de la Rosa, J., (2013), *Methodology for the identification of natural episodes in PM₁₀ and PM_{2,5}, and justification with regards to the exceedances of the PM₁₀ daily limit value*. Instituto de Diagnóstico Ambiental Y Estudios del Agua – CSIC - Ministerio de Ciencia e Innovación, Universidad Nova de Lisboa, AEMet-Izaña, CIEMAT, Universidad de Huelva, IDEA/CSIC. Barcelona, Spain.