

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE EVENTOS NATURAIS EM PORTUGAL EM 2020

Relatório Anual

Julho 2021



NOVA

NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

Título	<p>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE EVENTOS NATURAIS EM PORTUGAL EM 2020 Relatório Anual</p> <p>Trabalho desenvolvido no âmbito do Contrato Interadministrativo de Cooperação celebrado entre a APA e a FCT NOVA (Contrato n.º 000068/2020-DFIN.DCP, compromisso n.º CJ52001382 de 05/11/2020)</p>
Data	Julho 2021
APA	<p>Agência Portuguesa do Ambiente (APA)</p> 
FCT NOVA	<p>NOVA School of Science and Technology (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa – FCT NOVA)</p> 
Equipa técnica	<p>Francisco Ferreira (FCT NOVA – Coordenação)</p> <p>Joana Monjardino (FCT NOVA – Equipa técnica)</p> <p>Luísa Mendes (FCT NOVA – Equipa técnica)</p>

Índice

1	Introdução	5
2	Enquadramento	6
2.1	<i>Tipologia de eventos naturais</i>	6
2.1.1	Aspetos gerais	6
2.1.2	Eventos naturais na Península Ibérica.....	8
2.2	<i>Enquadramento legislativo</i>	11
2.3	<i>Eventos naturais no contexto Ibérico: desenvolvimento de uma metodologia conjunta</i>	12
3	Metodologia	14
3.1	<i>Aspetos gerais e secções geográficas de análise</i>	14
3.2	<i>Identificação de eventos naturais</i>	14
3.3	<i>Quantificação da influência de eventos naturais nas concentrações de partículas em suspensão</i>	17
3.4	<i>Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar</i>	20
4	Identificação dos dias de eventos naturais em 2020	21
5	Aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural às concentrações de PM₁₀ em 2020	28
5.1	<i>Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar em 2020</i>	28
5.2	<i>Influência dos eventos naturais nas concentrações de PM₁₀ em 2020</i>	30
6	Conclusões	35
7	Referências bibliográficas	36

Índice de Figuras

Figura 1. Localização da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	7
Figura 2. Representação da localização geográfica dos desertos do Norte de África Sahara e Sahel	8
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.....	13
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).....	16
Figura 6. Regiões e estações rurais de fundo representativas utilizadas para a quantificação da contribuição de eventos naturais em Portugal em 2020	18
Figura 7. Distribuição do número de dias de evento natural por ano	21
Figura 8. Distribuição do número de dias de evento natural por região em 2020	23
Figura 9. Distribuição do número de episódios de ocorrência de evento natural de acordo com a sua duração em 2020.....	23
Figura 10. Distribuição do número de dias de evento natural, por região e mês, em 2020.....	24
Figura 11. Número de estações de monitorização de qualidade do ar com eficiência anual acima e abaixo de 85%, por região, em 2020.....	30
Figura 12. Média anual de PM ₁₀ , por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2020.....	32
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 2020.....	32
Figura 14. Contribuição da fração natural para a média anual de PM ₁₀ e número de dias de EN identificados por região, em 2020	34

Índice de Tabelas

Tabela 1. Tipologias de eventos naturais (tipo, período de ocorrência, origem e condições meteorológicas).....	10
Tabela 2. Objetivos ambientais estabelecidos para a proteção da saúde humana para PM ₁₀ definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010.....	11
Tabela 3. Identificação da ocorrência de episódios de intrusão de poeiras provenientes do Norte de África, no ano de 2020, por região e data de ocorrência.....	22
Tabela 4. Eventos meteorológicos relevantes em 2020 e ocorrência de eventos naturais	26
Tabela 5. Incêndios rurais com maior área ardida em 2020 e ocorrência de eventos naturais	27
Tabela 6. Eficiência anual das medições de partículas PM ₁₀ nas estações de monitorização da qualidade do ar em 2020 (%)	29
Tabela 7. Aplicação da metodologia de dedução da contribuição devida a eventos naturais em 2020 (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)	31

1 Introdução

O presente documento consiste no relatório anual relativo à identificação e avaliação de eventos naturais (EN) ocorridos em Portugal, no ano de 2020. 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, de 23 de setembro e na Diretiva 2008/50/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Maio ambos 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. O transporte de poeiras a partir do Norte de África representa 50% do material particulado transportado a partir de regiões áridas no mundo.

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.

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

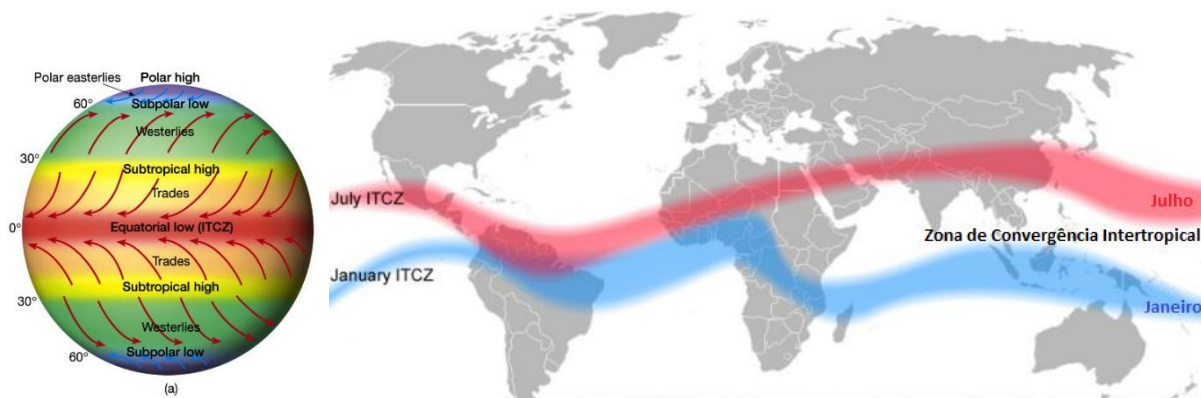


Figura 1. Localização da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

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 *washout* 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 alísios. 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 a superfície dos desertos do Norte de África encontra-se mais fria, 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 sobre a zona Mediterrânica (a níveis superficiais da atmosfera):
 - esta situação conduz à formação de uma massa de ar contendo poeiras, bem definida e com forma convexa, que circula sobre o Oceano Atlântico e alcança a Península Ibérica pela zona Oeste;
 - estes episódios têm um elevado impacto 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 do Norte de África 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 depressão térmica sobre o Norte de África, fazendo deslocar o anticiclone do Norte África 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 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, de 23 de setembro (alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março e posteriormente pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio) 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, de 23 de setembro 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, de 23 de setembro 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, do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Maio de 2008 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 do Norte de África, e do seu impacto nas concentrações de PM₁₀, tem vindo a ser aplicada uma metodologia conjunta³ 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, são habitualmente disponibilizados *on-line* com a avaliação relativa ao território de Portugal⁴ e de Espanha⁵.

A intrusão de uma massa de ar carregado de poeiras provenientes das regiões áridas do Norte-de África é caracterizada por uma grande dimensão espacial, tendo sido a sua avaliação efetuada, numa fase inicial, para todo o domínio da Península Ibérica, dividida em secções geográficas, atribuídas a Portugal e Espanha (com zonas comuns de análise), representadas na Figura 4. Ao longo dos anos, cada país tem vindo a efetuar a análise das secções do seu território de modo independente, indicando-se

³ Disponível em: https://www.miteco.gob.es/images/es/metodologiaparaepisodiosnaturales-revabril2013_tcm30-186522.pdf

⁴ Disponível em: www.apambiente.pt, Políticas > Ar > Qualidade do Ar Ambiente > Partículas em Suspensão.

⁵ Disponível em: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/fuentes-naturales/anales.aspx>

as áreas geográficas utilizadas para a avaliação de eventos naturais em Portugal na secção da Metodologia.

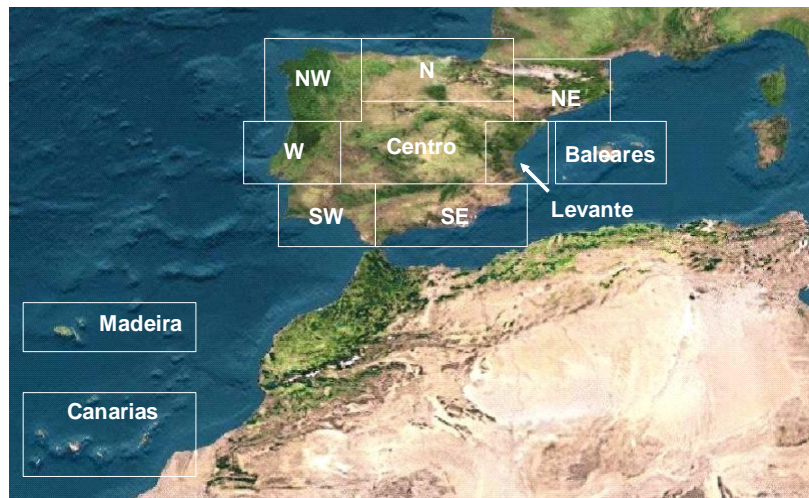


Figura 4. Secções de identificação da intrusão de ar na Península Ibérica e Arquipélagos

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 PM_{10} ;
- avaliar a situação de conformidade legal das estações de monitorização da qualidade do ar relativamente ao cumprimento dos valores limite de PM_{10} (diário e anual), antes e após a aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural.

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 massa 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 antropogénica⁶. 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) no território continental e Direção Regional de Ambiente e Alterações Climáticas na Região Autónoma da Madeira;
- após a identificação dos dias em que ocorreu intrusão de massa 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**⁷ (BSC-DREAM8b e NMMB/BSC-Dust) e Modelo **SKIRON Dust**⁸: 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)⁹, 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;

⁶ 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.

⁷ BSC Dust Daily Forecast: <https://ess.bsc.es/bsc-dust-daily-forecast>.

⁸ SKIRON Dust: <http://forecast.uoa.gr/dustindx.php>.

⁹ Forecast comparison: <https://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-forecasts/forecast-comparison>.

- b) Retrotrajetórias do modelo **HYSPLIT**¹⁰: 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.

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 Model¹¹: 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 WorldView¹²) ou a ocorrência de incêndios (NASA FIRMS¹³) 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**¹⁴: 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 ar¹⁵ 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).

¹⁰ HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory): http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php.

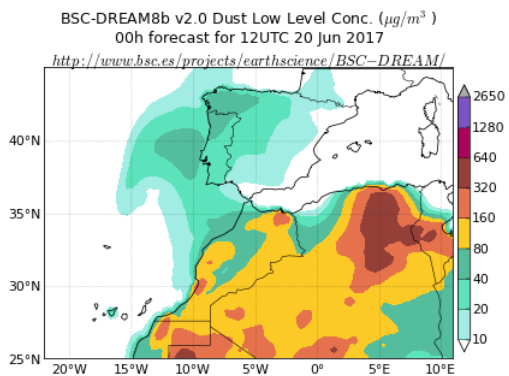
¹¹ NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System) - NRL/Monterey: <https://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/#currentaerosolmodeling>.

¹² NASA EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) Worldview: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

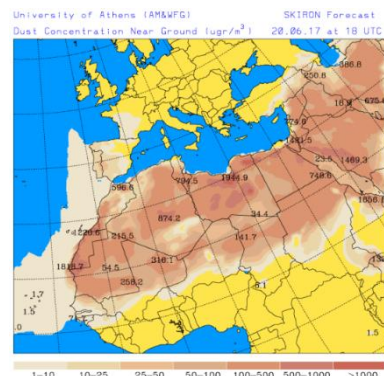
¹³ NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System): <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>

¹⁴ LIDAR (Light Detection And Ranging): https://www-calipso.larc.nasa.gov/products/lidar/browse_images/std_v4_index.php

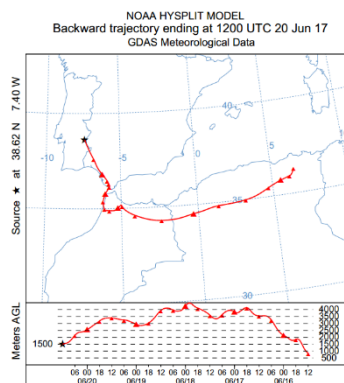
¹⁵ QUALAR/Downloads: <https://qualar.apambiente.pt/downloads>.



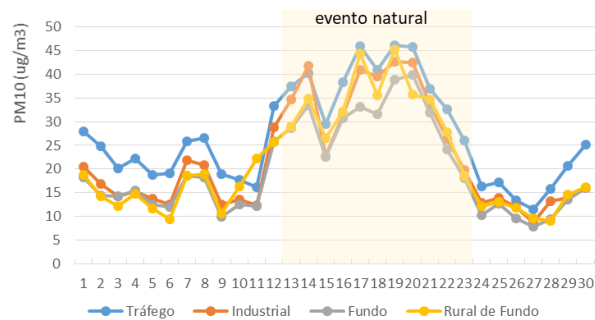
a)



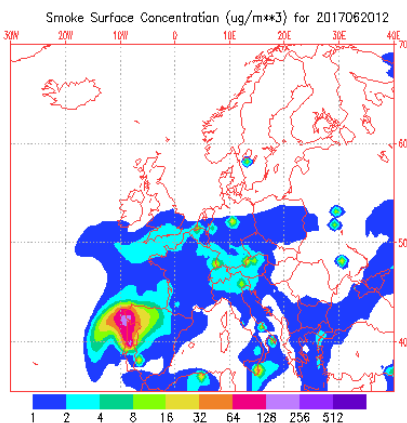
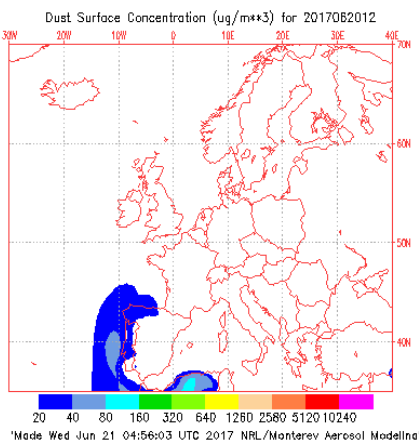
b)



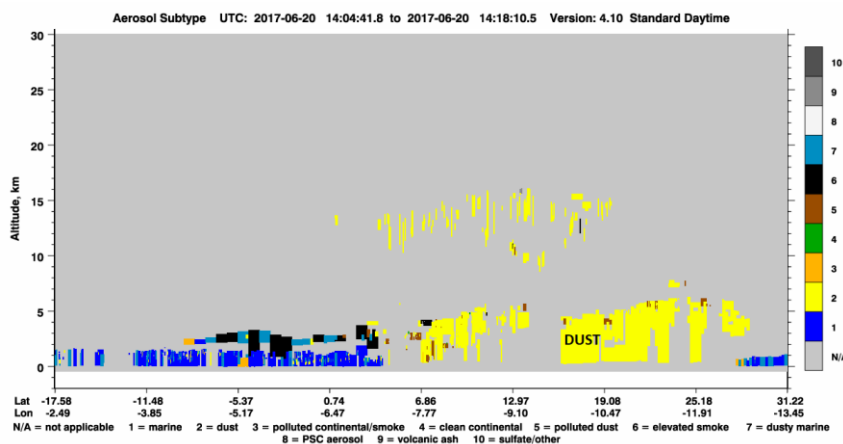
c)



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 Interior¹⁶;
- 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.

¹⁶ 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).

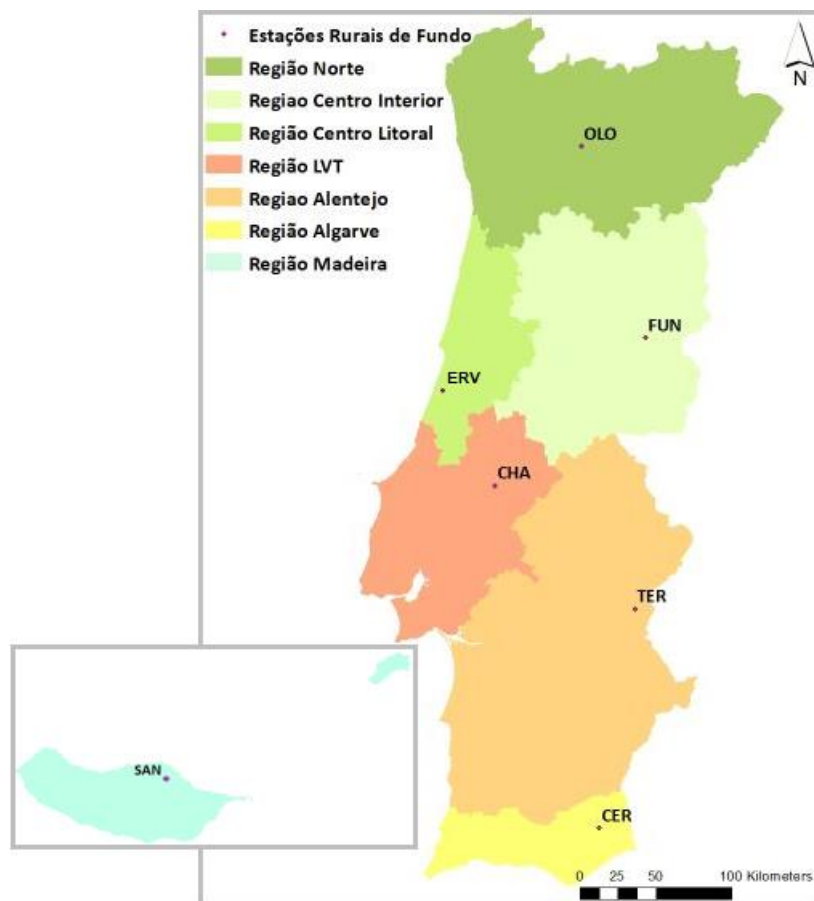


Figura 6. Regiões e estações rurais de fundo representativas utilizadas para a quantificação da contribuição de eventos naturais em Portugal em 2020

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 40¹⁷ 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

¹⁷ 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 n.º 102/2010, de 23 de setembro.

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 verificaram-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 2020 esta estação apresentou uma das mais reduzidas médias anuais de PM₁₀ no país (de 9 µg/m³) e um percentil 95 (diário) de 18 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, de 23 de setembro 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, de 23 de setembro) a considerar para uma estação com medições fixas em contínuo é de 85%¹⁸. 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%.

¹⁸ 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 2020

Em 2020 identificaram-se, no total, 103 dias de intrusão de massa de ar com origem no Norte de África sobre o território de Portugal Continental e Arquipélago da Madeira (representando 28% do ano), enquadrando-se num valor um pouco abaixo da média (considerando os anos de 2009 a 2019), tal como demonstrado na Figura 7.

Os dias de evento natural (EN) identificados, de acordo com a metodologia descrita anteriormente, para o ano de 2020, encontram-se indicados na Tabela 3. A análise individualizada de todos os episódios identificados encontra-se documentada em Anexo ao presente relatório.

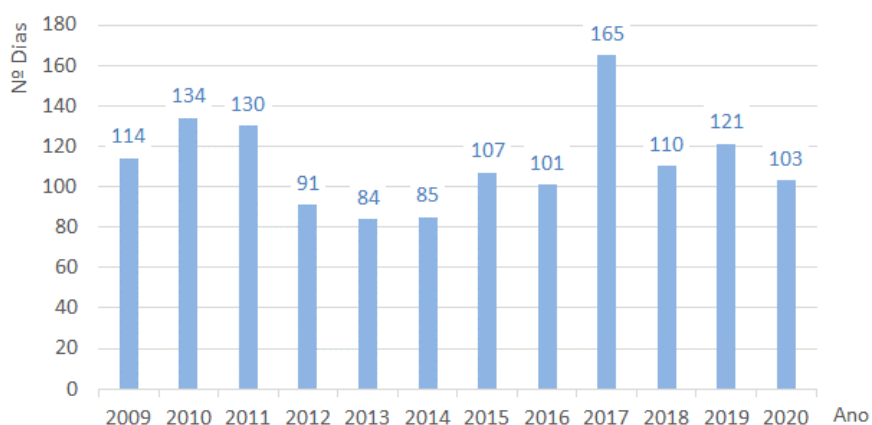


Figura 7. Distribuição do número de dias de evento natural por ano

Tabela 3. Identificação da ocorrência de episódios de intrusão de poeiras provenientes do Norte de África, no ano de 2020, por região e data de ocorrência

MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Janeiro	1						x
	2						x
	3						x
	6						x
	13						x
	14						x
	15				x	x	x
	16	x	x	x	x	x	
	18						x
	30				x	x	x
	31					x	x
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Fevereiro	1					x	x
	2						x
	3				x	x	x
	4				x	x	x
	5				x	x	x
	6				x	x	x
	7	x	x	x	x	x	x
	12						x
	13						x
	14						x
	20					x	x
	21				x	x	x
	22				x	x	x
	24	x	x	x	x	x	x
25						x	
28	x	x	x	x	x	x	
29	x	x	x	x	x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Março	1		x	x	x	x	x
	18	x	x	x	x	x	x
	19	x	x	x	x	x	x
	20	x	x	x	x	x	x
	24	x	x	x	x	x	
	25	x	x	x	x	x	
	26				x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Abril	23		x	x	x	x	x
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Maio	4	x	x	x	x	x	x
	7	x	x	x	x	x	x
	8	x	x	x	x	x	x
	21		x	x	x	x	
	22				x	x	
	23						x
	24						x
	25						x
	26					x	x
	27	x	x	x	x	x	
	28	x	x	x	x	x	x
	29					x	x
	30					x	x
31			x		x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Junho	1	x	x	x	x	x	
	2	x	x	x	x	x	
	3	x	x	x	x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Junho (continuação)	23			x	x	x	x
	24	x	x	x	x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Julho	5					x	x
	8						x
	9	x	x	x	x	x	
	10	x	x	x	x	x	
	11	x	x	x	x	x	
	12	x	x	x	x	x	
	13	x	x	x	x	x	
	15				x		x
	16			x	x	x	x
	17				x	x	x
	18	x	x	x	x	x	x
	19						x
	20	x	x	x	x	x	x
	21	x	x	x	x	x	x
	22	x	x	x	x	x	x
23	x	x	x	x	x	x	
27	x	x	x	x	x	x	
30	x	x	x	x	x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Agosto	6		x	x	x	x	
	7	x	x	x	x	x	
	8	x	x	x	x	x	
	9	x	x			x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Setembro	5	x	x	x	x	x	x
	6	x	x	x	x	x	x
	7			x	x	x	x
	11	x	x	x	x	x	x
	12				x	x	x
13					x	x	
14	x	x	x	x	x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Outubro	19	x	x	x	x	x	x
	20			x	x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Novembro	1						x
	2						x
	6	x	x	x	x	x	
	18	x	x	x	x	x	x
	19	x	x	x	x	x	
	20				x		x
	21						x
	22				x	x	x
23				x	x	x	
24	x	x	x	x	x	x	
MÊS	DIA	NORTE	CENTRO	LVT	ALENTEJO	ALGARVE	MADEIRA
Dezembro	1	x	x	x	x	x	
	23		x			x	x
	24						x
	25						x
	26						x
	27						x
	28						x
	Total Anual	PT: 103	45	55	67	75	85

O número de dias com intrusões de massa de ar com origem no Norte de África foi mais elevado nas regiões a sul decrescendo para as regiões mais a norte de Portugal Continental (Figura 8).

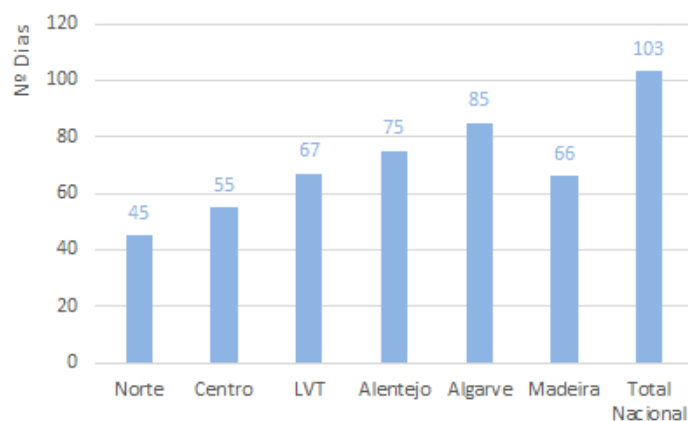


Figura 8. Distribuição do número de dias de evento natural por região em 2020

Em 2020, os 103 dias de EN ocorreram distribuídos por 30 episódios. A duração média dos episódios foi de 3,4 dias, valor mais reduzido face a anos anteriores. A duração mais frequente foi a ocorrência de episódios de um, dois e três dias (episódios de curta duração) tal como se representa na Figura 9. Ocorreu um episódio de longa duração (durante 14 dias) em maio, coincidindo com a ocorrência de uma onda de calor.

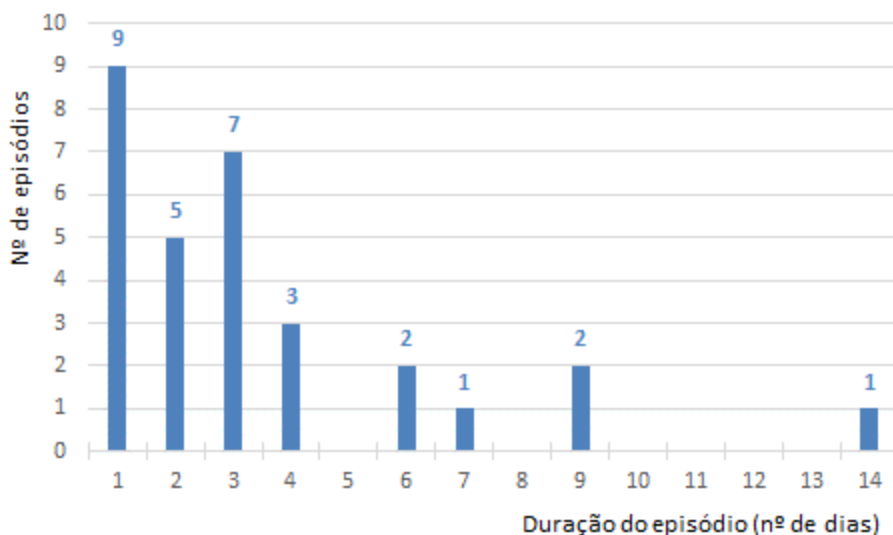


Figura 9. Distribuição do número de episódios de ocorrência de evento natural de acordo com a sua duração em 2020

No que diz respeito à distribuição da ocorrência de eventos naturais por mês do ano apresenta-se Figura 10. Verifica-se que os meses de maior ocorrência de eventos naturais têm apresentado grande variabilidade nos últimos anos. Em 2020, destacam-se os meses de fevereiro, maio, julho e novembro com mais eventos naturais, de modo não coincidente com o perfil médio de ocorrência de EN dos últimos dez anos. Em relação à distribuição temporal da ocorrência de eventos naturais adicionam-se os seguintes comentários:

- os meses de fevereiro, maio e julho apresentaram temperaturas acima da média, observando-se cinco ondas de calor. Neste período ocorreram 13 episódios de EN, cinco deles em julho e fevereiro e em maio três;
- os meses de julho e fevereiro foram os que contabilizaram mais dias com evento natural, 18 e 17 respetivamente;
- em relação à ocorrência de incêndios florestais verificaram-se áreas ardidas significativas no mês de julho, nomeadamente: dia 10 no distrito de Viseu (738 ha), dia 13 no distrito de Beja (2 382 ha), dia 21 no distrito de Portalegre (704 ha), dia 25 no distrito de Bragança (957 ha), dia 29 no distrito de Castelo Branco (1 084 ha) e dia 30 no distrito de Vila Real (2 594 ha);
- o mês de novembro foi muito quente, sendo o segundo mais quente desde o ano de 2000, tendo ocorrido três episódios de eventos naturais (tendo o último destes a duração de sete dias);
- o mês de outubro foi o mais frio dos últimos 20 anos e chuvoso, sendo a temperatura média em geral inferior ao valor normal mensal (exceto entre os dias 6 e 11 de outubro). Ao nível da ocorrência de EN, este mês contabilizou apenas dois dias, um dos valores mais baixos dos últimos 10 anos.

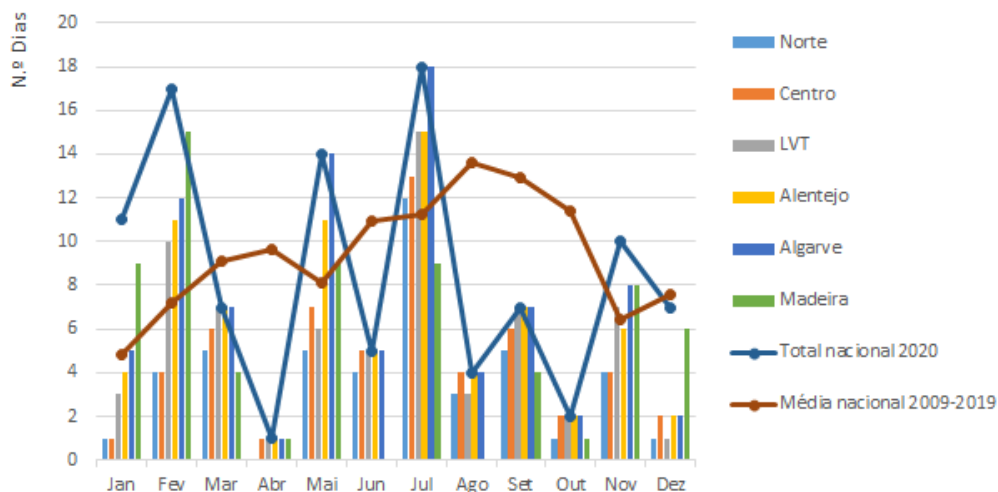


Figura 10. Distribuição do número de dias de evento natural, por região e mês, em 2020

A ocorrência de eventos naturais pode ser mais frequente em determinadas situações meteorológicas e pode decorrer em simultâneo com incêndios florestais (que podem interferir na análise da contribuição de fontes naturais de PM₁₀).

É frequente ocorrerem episódios de transporte de poeiras associados a ondas de calor, em situações em que a circulação atmosférica promove o transporte de massas de ar com origem nas regiões áridas do Norte de África.

De acordo com o boletim climatológico anual do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, 2020a) o ano de 2020, em Portugal Continental, classificou-se como muito quente e seco. Destacam-se os eventos relevantes os representados na Tabela 4, com indicação das datas em que se identificou a ocorrência simultânea de eventos naturais.

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 nos anos seguintes, de 2018 a 2020. A área ardida no ano de 2020 foi de 65 887 ha (ICNF, 2020¹⁹). Comparando os valores deste ano com o histórico dos 10 anos anteriores, assinala-se que se registaram menos 48% de incêndios rurais e menos 52% de área ardida relativamente à média anual do período. O ano de 2020 apresentou, até ao dia 15 de outubro, o 2.º valor mais reduzido em número de incêndios e o 4.º valor mais reduzido de área ardida, desde 2010.

O distrito mais afetado, no que concerne à área ardida, foi o de Castelo Branco, com 24 255 hectares, (cerca de 37% da área total ardida), seguido de Bragança com 6 522 hectares (10% do total) e de Vila Real com 5 897 hectares (9% do total). Indicam-se na Tabela 5 as datas de incêndios rurais com maior área ardida (> 500 ha), que se sobrepõem a períodos de transporte de poeiras do Norte de África, ou ocorreram adjacentes a estes. Assim, neste ano, em situações pontuais, a avaliação da contribuição das fontes naturais de transporte de poeiras em suspensão poderá ter contabilizado também o acréscimo das concentrações provenientes de incêndios florestais.

¹⁹ ICNF (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas), (2020). 8.º Relatório Provisório de Incêndios Rurais de 2020 – 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/2020, 21/10/2020. Disponível em: <https://www.icnf.pt/api/file/doc/7218b448c991d725>.

Tabela 4. Eventos meteorológicos relevantes em 2020 e ocorrência de eventos naturais


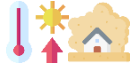
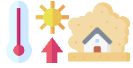
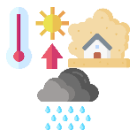








Mês	Situação meteorológica e de Eventos Naturais
Fevereiro	 <ul style="list-style-type: none"> extremamente quente e extremamente seco: o mais quente desde 1931 e o 5º mais seco desde 1931 ocorrência de onda de calor de 14 a 25, na região Centro Interior, em simultâneo com eventos naturais nos dias 14, 20-22, 24-25
Maio	 <ul style="list-style-type: none"> mais quente desde 1931 ocorrência de uma longa onda de calor e com grande extensão territorial de 13-31 em todo o território (exceto litoral ocidental e partes do Algarve), em simultâneo com eventos naturais nos dias 21-31
Julho	 <ul style="list-style-type: none"> mais quente desde 1931 e temperatura máxima mais alta desde 1931 ocorrência de três períodos em onda de calor: <ul style="list-style-type: none"> 4-13 (região Norte e Centro), em simultâneo com EN em 5 e 8-13 de julho 9-18 (região Norte, Centro e Sul), em simultâneo com EN de 9-13 e 15-18 de julho 25-31 (região Norte Interior), em simultâneo com EN a 27 e 30 de julho
Agosto	 <ul style="list-style-type: none"> onda de calor de 4-10 de agosto, nas regiões Centro e Norte Interior, em simultâneo com a ocorrência de EN de 6-9 de agosto passagem de uma superfície frontal fria associada à depressão Ellen com valores diários de precipitação muito elevados no dia 20 de agosto
Setembro	 <ul style="list-style-type: none"> tempestade subtropical Alpha. 18 e 19 de setembro: aguaceiros fortes, trovoada e rajadas fortes (≥ 90 km/h) onda de calor de 2-13 de setembro, com ocorrência simultânea de EN de 5-7 e 11-13 de setembro
Outubro	 <ul style="list-style-type: none"> 2º mais frio dos últimos 20 anos passagem da depressão Barbara nos dias 19 e 20 de outubro (valores de precipitação muito elevados em particular nas regiões do Centro e Sul), em simultâneo com a ocorrência de EN nas mesmas datas
Avaliação global	
 	<p>Ano 2020 em Portugal Continental: muito quente e seco</p> <ul style="list-style-type: none"> O ano de 2020 foi o 4º ano mais quente dos últimos 90 anos em Portugal continental, ocorreram 7 ondas de calor O valor médio de precipitação total anual correspondeu a cerca de 85% do valor normal. Situação de seca meteorológica em especial nas regiões a sul do Tejo, sendo de realçar as regiões do Baixo Alentejo e Algarve entre janeiro e outubro. Entre novembro e dezembro terminou a situação de seca em todo o território.

Tabela 5. Incêndios rurais com maior área ardida em 2020 e ocorrência de eventos naturais

Mês	Situação de incêndios rurais e Eventos Naturais
Junho	 <ul style="list-style-type: none"> incêndio dia 19 de junho no distrito de Faro com 2 303 ha de área ardida
Julho	 <ul style="list-style-type: none"> incêndio a 25 julho no distrito de Castelo Branco com um total de área ardida de 5 590 ha ocorrência de outros incêndios com área ardida inferior, ainda neste mês de julho: dia 30 no distrito de Vila Real (2 594 ha), dia 13 no distrito de Beja (2 382 ha), dia 29 no distrito de Castelo Branco (1 084 ha), Bragança dia 25 com 957 ha de área ardida, distrito de Viseu dia 10 com 738 ha de área total ardida e dia 21 no distrito de Portalegre (704 ha) ocorrência de evento natural dia 5, de 8- 13, de 15-23, dia 27 e dia 30 de julho
Agosto	 <ul style="list-style-type: none"> incêndio a 6 de agosto no distrito de Bragança (2 721 ha), Vila Real (973 ha), Viseu (2 269 ha), Guarda (697 ha), Castelo Branco (781 ha) ocorrência de evento natural de 6 a 9 de agosto
Setembro	 <ul style="list-style-type: none"> incêndio a 13 de setembro com grande área ardida (14 878 ha) no distrito de Castelo Branco ocorrência de evento natural de 11 a 14 de setembro

5 Aplicação da metodologia de desconto das contribuições de origem natural às concentrações de PM₁₀ em 2020

5.1 Eficiência das estações de monitorização da qualidade do ar em 2020

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 6 apresenta a eficiência anual das medições de PM₁₀ nas estações das zonas e aglomerações no ano de 2020. 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 52 estações operacionais em 2020, com medições de PM₁₀ em Portugal Continental e Arquipélago da Madeira, em 37 obtiveram-se eficiências iguais ou superiores a 85%, o que representa 71% 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 duas estações de monitorização desta região tiveram 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 6. Eficiência anual das medições de partículas PM₁₀ nas estações de monitorização da qualidade do ar em 2020 (%)

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	91	
				Pe Moreira Neves-Castelões de Cepeda (FIX)	PRD	60	
			F	Burgães-Santo Tirso (FIX)	BSTI	9	
				Paços de Ferreira (FIX)	LACT	73	
		Porto Litoral	T	João Gomes Laranjo-S.Hora (FIX)	HOR	88	
			I	Meco-Perafita (FIX)	PER	41	
				Seara-Matosinhos (IND)	SEA	71	
			F	Anta-Espinho (FIX)	AES	5	
				Avintes (IND)	AVI	42	
				Leça do Balio-Matosinhos (IND)	LEC	45	
	VNTelha-Maia (IND)	VNT	54				
Z	Norte Interior	RF	Douro Norte (IND) ^R	OLO	90		
Centro	A	Aveiro / Ílhavo	T	Aveiro (FIX)	AVE	98	
			F	Ílhavo (FIX)	ILH	90	
		Coimbra	T	Coimbra / Avenida Fernão Magalhães (FIX)	MAG	99	
			F	Instituto Geofísico de Coimbra (IND)	GEO	100	
	Z	Centro Interior	RF	Fornelo do Monte (IND)	FORN	96	
				Fundão (IND) ^R	FUN	89	
		Centro Litoral	RF	Ervedeira (FIX) ^R	ERV	93	
				Montemor-o-Velho (FIX)	MOV	13	
	Litoral Noroeste do Baixo Vouga	I	Estarreja /Teixugueira (FIX)	TEI	99		
Lisboa e Vale do Tejo	A	AML Norte	T	Avenida da Liberdade (FIX)	AVL	98	
				Cascais - Escola da Cidadela (IND)	CASE	100	
				Entrecampos (IND)	ENT	99	
				Odivelas-Ramada (IND)	ODI	79	
				Santa Cruz de Benfica (IND)	SCB	94	
			F	Alfragide /Amadora (IND)	ALF	10	
				Alverca (FIX)	ALV	97	
				Loures-Centro (IND)	LOU	100	
				Mem Martins (FIX)	MEM	97	
				Olivais (FIX)	OLI	91	
		AML Sul	I	Quinta do Marquês (FIX)	MARQ	100	
				Reboleira (IND)	REB	90	
				Escavadeira (FIX)	ESCII	98	
			F	Lavradio (IND)	LAV	93	
				Paio Pires (FIX)	PP	100	
		Setúbal	T	Laranjeiro (FIX)	LAR	96	
				Quebedo (FIX)	QUE	98	
			F	Arcos (FIX)	ARC	85	
		Z	Oeste, Vale do Tejo e Península de Setúbal	RF	Chamusca (FIX) ^R	CHA	91
					Fernando Pó (IND)	FPO	98
	Lourinhã (FIX)			LOR	99		
Alentejo	Z	RF	Terena (IND) ^R	TER	77		
			Monte Chãos (IND)	MCH	88		
		I	Sonega (IND)	SON	90		
Algarve	A	Aglomeracão Sul	T	David Neto (FIX)	DVN	48	
			F	Joaquim Magalhães (FIX)	EJM	78	
			Malpique (FIX)	MAL	90		
	Z	Algarve	RF	Cerro (IND) ^R	CER	93	
Madeira	A	Funchal	T	São João (IND)	SJO	100	
			F	São Gonçalo (IND)	SGO	100	
	Z	Madeira / Porto Santo	RF	Santana (IND) ^R	SAN	96	

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 de fundo representativa da região ou zona; Eficiência anual inferior a 85%

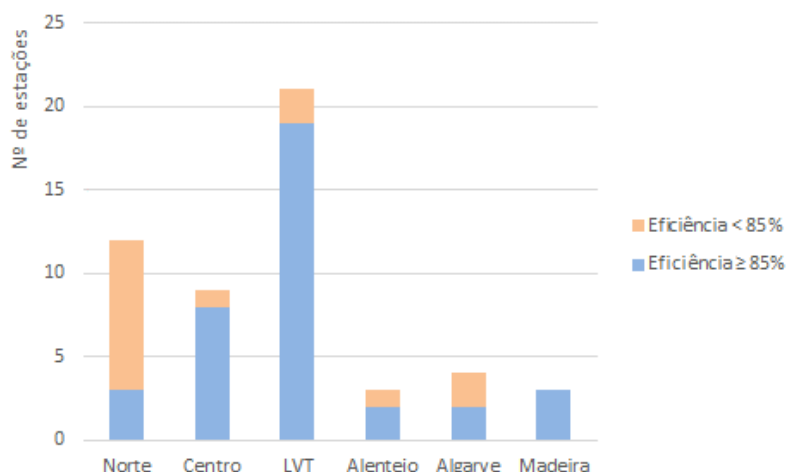


Figura 11. Número de estações de monitorização de qualidade do ar com eficiência anual acima e abaixo de 85%, por região, em 2020

5.2 Influência dos eventos naturais nas concentrações de PM₁₀ em 2020

A contribuição do acréscimo de partículas de origem natural nas concentrações de PM₁₀ foi determinada para o ano de 2020. Os resultados da aplicação da metodologia de desconto da fração natural de PM₁₀ apresentam-se na Tabela 7, na Figura 12 e Figura 13.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro 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 7 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 7. Aplicação da metodologia de dedução da contribuição devida a eventos naturais em 2020 (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				
				Antes (µg/m ³)	Após (µg/m ³)	Redução (µg/m ³)	Redução (%)	Antes (Nº Dias>VLD)	Após (Nº Dias>VLD)			
Região Norte												
A	Entre Douro e Minho	T	Cónego Dr. Manuel Faria-Azurém (FIX) / GMR	92	16	15	1	6	0	0		
		F	Pe Moreira Neves (FIX) / PRD	61	7	7	0	6	0	0		
		F	Burgães-Santo Tirso (FIX) / BSTI	9	20	19	2	8	0	0		
		F	Paços de Ferreira (FIX) / LACT	73	21	20	1	5	0	0		
	Porto Litoral	T	João Gomes Laranjo-S.Hora (FIX) / HOR	88	16	15	1	7	2	0		
		I	Meco-Perafita (FIX) / PER	41	23	21	1	6	0	0		
		F	Seara-Matosinhos (IND) /SEA	72	13	12	1	6	2	0		
		F	Anta-Espinho (FIX) /AES	5	23	21	2	8	0	0		
		F	Avintes (IND) / AVI	42	18	17	1	8	0	0		
		F	Leça do Balio-Matosinhos (IND) / LEC	45	20	18	2	7	0	0		
Z	Norte Interior	RF	VNTELHA-MAIA (IND) / VNT	54	17	16	1	7	0	0		
Z	Norte Interior	RF	Douro Norte (IND) / OLO	90	9	8	1	11	0	0		
Região Centro												
A	Aveiro / Ílhavo	T	Aveiro (FIX) / AVE	98	17	16	1	6	7	6		
		F	Ílhavo (FIX) / ILH	90	22	21	1	6	9	8		
	Coimbra	T	Coimbra / Avenida Fernão Magalhães (FIX) / MAG	99	19	18	1	6	2	1		
		F	Instituto Geofísico de Coimbra (IND) / GEO	100	16	15	1	7	2	1		
Z	Centro Interior	RF	Fornelo do Monte (IND) / FORN	96	6	5	1	23	1	0		
		RF	Fundão (IND) / FUN	89	15	13	2	14	4	0		
	Centro Litoral	RF	Ervedeira (FIX) / ERV	93	17	16	1	7	0	0		
		RF	Montemor-o-Velho (FIX) / MOV	13	16	15	1	6	0	0		
		RF	Lit.Nor.B.Vouga / Estarreja /Teixugueira (FIX) / TEI	99	21	20	1	6	9	8		
Região de Lisboa e Vale do Tejo												
A	AML Norte	T	Avenida da Liberdade (FIX)/AVL	98	19	17	2	8	1	0		
			Cascais - Escola da Cidadela (IND)/ CASE	100	18	16	1	8	2	0		
			Entrecampos (IND)/ ENT	99	18	17	1	8	1	0		
			Odivelas-Ramada (IND)/ ODI	79	17	15	2	10	2	1		
			Santa Cruz de Benfica (IND)/ SCB	94	18	16	2	8	2	1		
		F	Alfragide/Amadora (IND)/ ALF	10	16	14	1	9	1	1		
			Aiverca (FIX) / ALV	97	18	17	2	8	1	0		
			Loures-Centro (IND)/ LOU	100	18	17	1	8	3	2		
			Mem Martins (FIX)/ MEM	97	17	16	2	8	2	0		
			Olivais (FIX)/ OLI	91	18	16	2	9	1	0		
	AML Sul	I	Quinta do Marquês (FIX)/MARQ	100	16	14	2	9	1	0		
			Reboleira (IND)/ REB	90	13	12	2	12	2	1		
			Escavadeira (FIX) / ESCII	98	19	17	2	8	1	1		
		F	Lavradio (IND)/ LAV	93	14	12	2	11	1	1		
			Paio Pires (FIX)/ PP	100	20	19	2	7	8	6		
			Laranjeiro (FIX) / LAR	96	20	18	2	8	3	2		
			Setúbal	T	Quebedo (FIX)/ QUE	98	18	17	2	8	1	1
				F	Arcos (FIX)/ ARC	85	17	16	2	9	0	0
			Z	OVTPS	RF	Chamusca (FIX)/ CHA	91	12	10	1	12	0
RF	Fernando Pó (IND)/ FPO	98			15	14	2	10	1	0		
RF	Lourinhã (FIX)/ LOR	99			14	13	2	10	0	0		
Região do Alentejo												
Z	Alentejo Int.	RF	Terena (IND)/ TER	77	13	11	3	19	1	0		
		I	Monte Chãos (IND)/ MCH	88	17	15	2	10	1	1		
		I	Sonega (IND)/ SON	90	14	12	2	14	2	1		
Região do Algarve												
A	Aglomeração Sul	T	David Neto (FIX) / DVN	48	18	17	2	10	3	1		
		F	Joaquim Magalhães (FIX)/ EJM	78	14	12	2	13	1	0		
		F	Malpique (FIX)/ MAL	90	18	17	2	10	4	0		
Z	Algarve	RF	Cerro (IND)/ CER	93	8	6	2	22	1	0		
Região da Madeira												
A	Funchal	T	São João (IND)/SJO	100	18	16	2	12	10	3		
		F	São Gonçalo (IND)/SGO	100	14	12	2	15	7	1		
Z	Madeira/Porto	RF	Santana (IND)/SAN	96	11	9	2	18	3	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

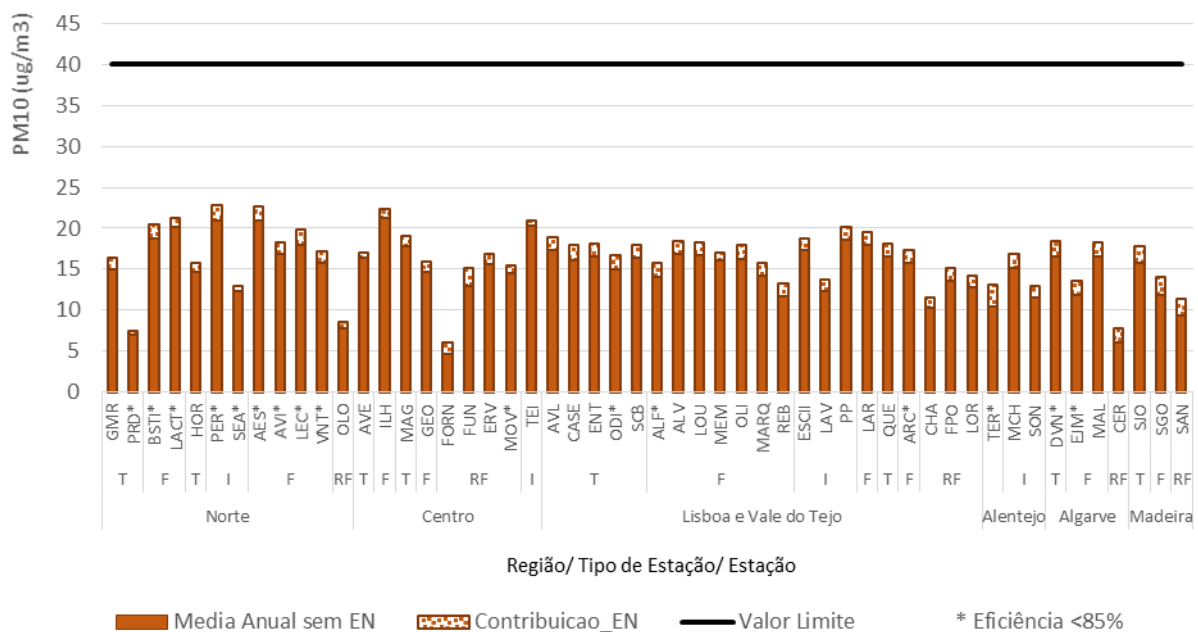


Figura 12. Média anual de PM₁₀, por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2020

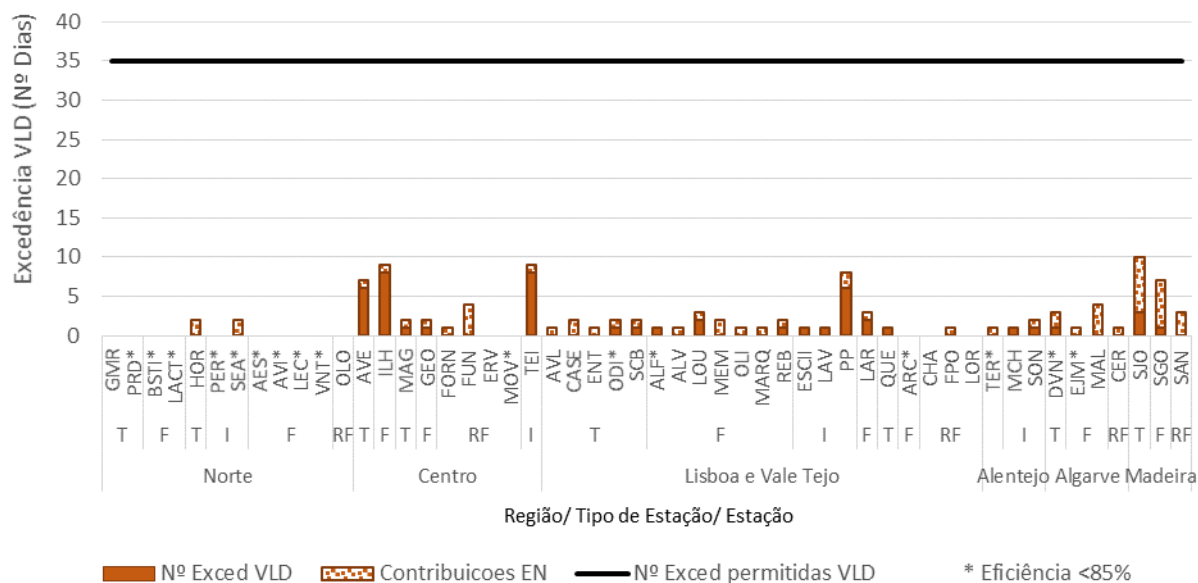


Figura 13. Número de dias em excedência ao valor limite diário de PM₁₀, por estação, antes e após a dedução da fração devida a evento natural, em 2020

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 2020, antes da aplicação da metodologia de desconto da fração natural, foram as seguintes:

- Meco-Perafita, com $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estação de influência industrial da aglomeração do Porto Litoral, com eficiência de 41% em 2020;
- Ílhavo, com $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo uma estação de fundo da região Centro;
- Estarreja, com $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estação de fundo também da região Centro;
- Paio Pires, com $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estação de influência industrial da Área Metropolitana de Lisboa Sul;
- Laranjeiro, com $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, estação de fundo também da Área Metropolitana de Lisboa Sul.

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:

- São João, com um total de 10 dias de excedências ao VLD. Esta estação regista influência de fonte de emissão de partículas de origem de tráfego;
- Ílhavo e Aveiro com 9 e 7 dias de excedência ao VLD. Estas estações contabilizaram excedências ao VLD exclusivamente alguns dias no início de janeiro e últimos dias de fevereiro, com exceção do dia 08/09/2020 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 572 m e 455 m, o que se traduz em condições propícias para a acumulação de poluentes à superfície;
- Paio Pires, com um total de 8 dias em excedência ao VLD. Esta estação regista a influência de fontes de emissão de partículas com origem industrial.

Relativamente à verificação da conformidade legal face aos valores limites legais (VLA e VLD), verifica-se que em 2020 estes não foram ultrapassados. O VLD foi excedido, mas em número inferior às 35 ultrapassagens diárias permitidas, por ano, pela legislação. Em 2020 a concentração média de PM_{10} foi significativamente inferior em relação a anos anteriores, devido à situação de pandemia por COVID-19 e respetivas medidas de contenção, que resultaram numa redução efetiva do tráfego médio diário e da atividade produtiva em determinados sectores.

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 $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de acréscimo na média anual, o que representa um peso de 9% da média anual, e com 1,4 dias de excedência ao VLD, indicadores estes também mais reduzidos face a anos anteriores.

O peso da contribuição de PM_{10} de origem natural para a média anual é mais significativo na região da Madeira (com um ligeiro menor número de dias de EN que a região LVT mas com a 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.

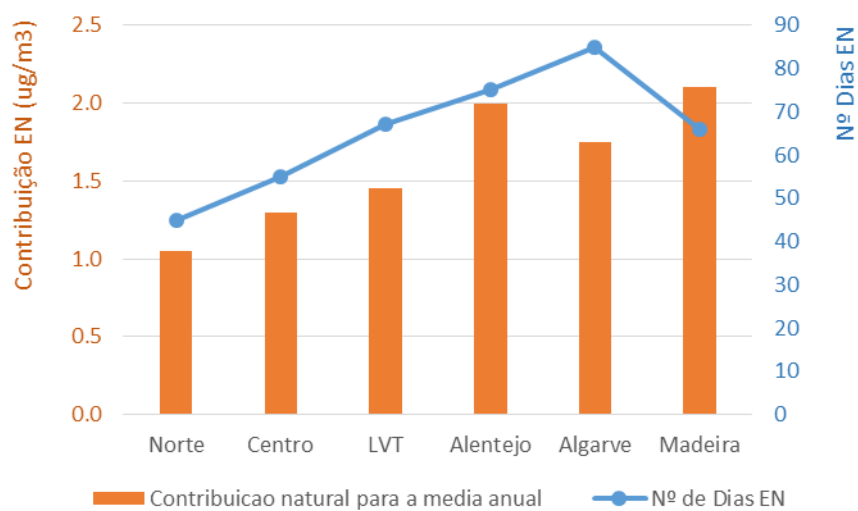


Figura 14. Contribuição da fração natural para a média anual de PM_{10} e número de dias de EN identificados por região, em 2020

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 2020 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 2020, apuraram-se 103 dias com intrusões africanas representando 28% do ano, valor abaixo da média dos últimos dez anos. Os 103 dias de eventos naturais ocorreram distribuídos em 30 episódios, com uma duração média de 3,4 dias. Houve uma prevalência para a ocorrência de episódios de mais curta duração face a anos anteriores.

Verifica-se que os meses de maior ocorrência de eventos naturais têm apresentado grande variabilidade nos últimos anos. Em 2020, os meses com maior número de dias de evento natural coincidiram com os classificados como muito quentes e com ondas de calor: fevereiro, maio e julho.

Em relação à avaliação da conformidade legal face aos valores limites legais (anual e diário) verifica-se que em 2020 estes não foram ultrapassados. Registaram-se ultrapassagens ao valor limite diário mas em número permitido pela legislação, não se traduzindo em situações de inconformidade.

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 (com eficiência de, pelo menos, 85%) foi de 1,5 µg/m³, o que representa um peso de 9% na média anual, valores um pouco abaixo dos registados em anos anteriores.

Em 2020 as concentrações médias anuais de PM₁₀ foram generalizadamente inferiores a anos anteriores. Tal facto em muito se deveu à situação de pandemia por COVID-19 e respetivas medidas de contenção, que resultaram numa redução efetiva do tráfego médio diário e da atividade produtiva em determinados sectores, o que teve um impacte direto nas concentrações deste poluente registadas em todo o país.

O ano de 2020 caracteriza-se assim por um decréscimo significativo nas concentrações médias de partículas PM₁₀, por força da situação pandémica de COVID-19, aliado a uma menor intensidade de transporte de carga particulada com origem natural.

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 (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas), (2020). *8.º Relatório Provisório de Incêndios Rurais de 2020 – 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/2020, 21/10/2020. Disponível em: <https://www.icnf.pt/api/file/doc/7218b448c991d725>.

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), (2020a). *Resumo Climatológico Ano 2020 – Globo Europa Portugal Continental*, Versão 1.1 de janeiro 2021, Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2020&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2020>.

IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), (2020b). *Incêndios rurais análise meteorológica & índices de perigo e de risco – Relatório Anual 2020*. Departamento de Meteorologia e Geofísica/ Divisão de Previsão Meteorológica Vigilância e Serviços Espaciais. Acedido em: Junho de 2021, Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=met&cmbTema=fog&idDep=met&idTema=fog&curAno=-1>.

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.