Qualidade do Ar

Proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas naturais

| 2016

Região Autónoma da Madeira

Região Autónoma da Madeira
Governo Regional

Secretaria Regional
do Ambiente e Recursos Naturais
Direção Regional do Ordenamento
do Território e Ambiente

RELATÓRIO
QUALIDADE DO AR |2016

PROTEÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DA VEGETAÇÃO E ECOSSISTEMAS NATURAIS

Abril 2017

Ficha Técnica

Título do Documento: Relatório Qualidade do Ar na RAM 2016: Proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas naturais

Coordenação: Dr.ª Susana Fontinha

Elaboração: Eng.º Nuno Baptista

Revisão: Eng.º Henrique Rodrigues

Responsabilidade e Entidade Competente:
Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente
[m]: Rua Dr. Pestana Júnior, nº6-3ºDtº, 9054 – 558 Funchal,
[Tel.]: 351 291 207350, [Fax] 351 291 229438,
[site]: www.madeira.gov.pt/drota
[E- mail]: drota@madeira.gov.pt

Data: Abril de 2017

ÍNDICE GERAL

	Pag.
Resumo	7
1. Introdução	8
2. Poluição atmosférica	10
2.1. Origem dos poluentes atmosféricos	10
2.2. Principais poluentes atmosféricos	11
2.2.1. Óxidos de carbono	11
2.2.2. Compostos de enxofre	11
2.2.3. Óxidos de azoto	12
2.2.4. Hidrocarbonetos	12
2.2.5. Ozono	13
2.2.6. Poluentes perigosos	13
2.2.7. Partículas em suspensão	13
3. Efeitos dos poluentes atmosféricos	14
3.1. Efeitos na atmosfera	14
3.1.1 Efeito de Estufa	15
3.1.2. Nevoeiro Fotoquímico	16
3.2. Efeitos no homem	16
3.3. Efeitos na vegetação e ecossistemas naturais	17
4. Definições	18
5. Avaliação da qualidade do ar ambiente	22
5.1. Delimitação de zonas e aglomerações	22
5.2. Técnicas de avaliação	23
5.3. Avaliação de dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão, chumbo, benzeno e monóxido de carbono	23
5.4. Avaliação de ozono	24
5.5. Avaliação de arsénio, cádmio, níquel e benzo(a)pireno	24
6. Redes de qualidade do ar	26
6.1. Requisitos gerais dos pontos de amostragem	26
6.1.1. Requisitos dos pontos de amostragem para dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$), chumbo, benzeno e monóxido de carbono no ar ambiente.	27
6.1.2. Requisitos dos pontos de amostragem para o ozono	27

6.2. Avaliação da qualidade do ar ambiente e localização dos pontos de amostragem para a medição de dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$), chumbo, benzeno e monóxido de carbono no ar ambiente. 29
6.2.1. Localização em macroescala dos pontos de amostragem 29
6.2.1.1. Proteção da saúde humana: 29
6.2.1.2. Proteção da vegetação e dos ecossistemas naturais 30
6.2.2. Localização em microescala dos pontos de amostragem 30
6.2.3. Medições de $PM_{2,5}$ em localizações rurais de poluição de fundo independentemente da concentração 31
6.3. Critérios de classificação e localização dos pontos de amostragem para a avaliação das concentrações de ozono 31
6.3.1. Localização em macroescala dos pontos de amostragem 32
6.3.1.1.Estação Urbana 32
6.3.1.2. Estação Rural 32
6.3.2. Localização em microescala dos pontos de amostragem 33
6.3.3. Documentação e reavaliação da seleção dos locais 33
7. Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da RAM 34
7.1. Métodos de referência para a avaliação das concentrações no ar ambiente 35
7.1.1. Método de referência para a medição do dióxido de enxofre 36
7.1.2. Método de referência para a medição do dióxido de azoto e dos óxidos de azoto 36
7.1.3. Método de referência para a amostragem e medição de PM_{10} 36
7.1.4 Método de referência para a amostragem e medição de $PM_{2,5}$ 36
7.1.5 Método de referência para a medição do monóxido de carbono 36
7.1.6 Método de referência para a medição do ozono 36
8. Índice de Qualidade do Ar 37
8.1. Poluentes englobados no Índice para a proteção da saúde humana 37
9. Análise de resultados (Ano 2016) 39
9.1. Objetivos de qualidade dos dados para a avaliação no ar ambiente dos poluentes dióxido de enxofre, dióxido de azoto, óxidos de azoto, monóxido de carbono, partículas (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e ozono 39
9.2. Análise dos resultados meteorológicos 39
9.2.1. Direção e velocidade do vento 40

9.2.2. Humidade relativa, temperatura e intensidade de radiação 41
9.3. Valores limite, LSA e LIA 43
9.3.1. Monóxido de carbono 44
9.3.1.1. Proteção da saúde humana 44
9.3.2. Dióxido de enxofre 45
9.3.2.1. Proteção da saúde humana 45
9.3.2.2. Proteção da vegetação e ecossistemas naturais 47
9.3.3. Dióxido de azoto e óxidos de azoto 48
9.3.3.1.Dióxido de azoto 49
9.3.3.1.1. Proteção da saúde humana 49
9.3.3.2. Óxidos de azoto 50
9.3.3.2.1. Proteção da vegetação e ecossistemas naturais 50
9.3.4. Ozono 51
9.3.4.1. Proteção da saúde humana 53
9.3.4.2. Proteção da vegetação e ecossistemas naturais 53
9.4. Partículas em suspensão (PM_{10} / $PM_{2,5}$) 54
9.4.1. Partículas PM_{10} 54
9.4.1.1. Proteção da saúde humana 55
9.4.2. Partículas $PM_{2,5}$ 56
9.4.2.1. Proteção da saúde humana 58
10. Índice de Qualidade do Ar para a proteção da saúde humana 59
10.1 Índice de Qualidade do Ar para os poluentes 59
10.2. Índice Global de Qualidade do Ar por estação 60
11. Organização Mundial da Saúde (OMS) 62
12. Discussão dos resultados 63
13. Conclusões 64
Anexo: Eventos Naturais 65

Resumo

No presente relatório procede-se à apresentação e análise dos valores das concentrações dos poluentes atmosféricos obtidos durante o ano 2016 na Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da Madeira, composta pelas estações de São João (Urbana de Tráfego), São Gonçalo (Urbana de Fundo) e Santana (Rural de Fundo).

Ao longo do ano de 2016, estas estações procederam ao registo de forma contínua os principais poluentes atmosféricos decorrentes da legislação da qualidade do ar e também dos parâmetros meteorológicos relevantes para o tema:

- Óxidos de azoto (NO-NO_2-NO_x);
- Ozono (O_3);
- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de enxofre (SO_2);
- Partículas atmosféricas ($PM_{2,5}$, PM_{10})
- Parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento, humidade relativa, radiação solar).

1. Introdução

O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, fixando os objetivos para a qualidade do ar ambiente tendo em conta as normas, as orientações e os programas da Organização Mundial da Saúde (OMS), destinados a evitar, prevenir ou reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

O Decreto-Lei supra transpõe para a ordem jurídica interna as seguintes Diretivas:
a) A Diretiva n.º 2008/50/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa; e
b) A Diretiva n.º 2004/107/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de dezembro, relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente.

O diploma acima mencionado estabelece medidas orientadas para:
a) Definir e fixar objetivos relativos à qualidade do ar ambiente, destinados a evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente;
b) Avaliar, com base em métodos e critérios comuns, a qualidade do ar ambiente no território nacional;
c) Obter informação relativa à qualidade do ar ambiente, a fim de contribuir para a redução da poluição atmosférica e dos seus efeitos e acompanhar as tendências a longo prazo, bem como as melhorias obtidas através das medidas implementadas;
d) Garantir que a informação sobre a qualidade do ar ambiente seja disponibilizada ao público;
e) Preservar a qualidade do ar ambiente quando ela seja boa e melhorá-la nos outros casos; e
f) Promover a cooperação com os outros Estados membros de forma a reduzir a poluição atmosférica.

De facto, a qualidade do ar ambiente é uma componente ambiental determinante, em particular para a saúde pública e para a qualidade de vida dos cidadãos. Por isso, o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, atribuindo particular importância ao combate das emissões de poluentes na

origem e à aplicação das medidas mais eficazes de redução de emissões, a nível local e nacional, como formas de proteção da saúde humana e do ambiente.

Os efeitos dos diferentes poluentes atmosféricos na saúde traduzem-se no aparecimento ou agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares, particularmente em populações sensíveis como as crianças, idosos e indivíduos com problemas respiratórios.

Estudos científicos realizados ao nível da Comissão Europeia, no âmbito do Programa Clean Air For Europe (CAFE), revelam efeitos nocivos na saúde devido aos níveis de poluição do ar na Europa.

A RAM está dotada de estações de medição fixas para a avaliação da qualidade do ar ambiente, sendo as mesmas geridas pela Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente (DROTA).

De acordo com as disposições estabelecidas no diploma supra, é possível verificar o nível de qualidade do ar ambiente.

Sempre que os objetivos não sejam atingidos devem ser tomadas medidas para dar cumprimento aos valores limite e aos níveis críticos e, sempre que possível, para atingir os valores alvo e os objetivos a longo prazo.

Encontra-se previsto, se necessário, a aplicação de medidas da responsabilidade de diversos agentes, as quais podem estar integradas em planos de ação de curto prazo ou em planos de qualidade do ar, estes últimos, concretizados através de programas de execução que caracterizam as medidas a aplicar.

O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, introduz novos elementos relevantes para a avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, especialmente no que diz respeito à regulamentação e à vigilância das partículas finas ($PM_{2,5}$), com o estabelecimento de um valor alvo a ser cumprido a partir de 2010, o qual em 2015 passa a valor limite. É ainda estabelecido, com base num indicador médio de exposição, um limite de concentração de exposição de $PM_{2,5}$ a cumprir em 2015 e um objetivo de redução nacional a cumprir em 2020.

2. Poluição atmosférica

Entende-se como poluição do ar, a mudança da sua composição ou das suas propriedades, decorrentes das emissões de poluentes, tornando-o impróprio, nocivo ou inconveniente à saúde, ao bem-estar público, à vida animal e vegetal e, até mesmo, ao estado de conservação de determinados materiais.

A poluição do ar afeta o clima das áreas urbanas de diversas formas. O próprio balanço energético das cidades sofre interferência, pois os poluentes refletem, dispersam e absorvem radiação solar. Muitos poluentes também servem de núcleos de condensação, sendo, portanto, abundantes no ar das cidades, cuja humidade já é substancialmente abastecida através da evaporação, dos processos industriais e dos automóveis, que emitem grandes quantidades de vapor de água.

A poluição do ar é um problema complexo, devido não somente às dificuldades de identificar os reais efeitos dos contaminantes na saúde da população, mas também ao enorme número de agentes poluentes envolvidos.

2.1. Origem dos poluentes atmosféricos

Os poluentes atmosféricos presentes no ar podem ser tanto de origem natural como antropogénica. A monitorização da qualidade do ar analisa o conjunto das duas fontes. Porém não podemos influenciar fenómenos naturais responsáveis pela libertação de grandes quantidades de substâncias para a atmosfera. As principais fontes naturais são: vulcanismo, evapotranspiração, decomposição de matéria orgânica, transporte de poeiras e incêndios florestais. A grande diferença entre a poluição de origem natural e a antropogénica é que a natureza adaptou-se e convive em equilíbrio com a quantidade de poluentes naturais enquanto que a introdução das atividades antropogénicas causa desequilíbrio.

As atividades industriais, o tráfego automóvel e as queimadas a céu aberto são as maiores fontes antropogénicas de emissões, sendo o tráfego, também chamado de fontes móveis, a fonte predominante em todos os grandes centros urbanos de hoje.

Comparando as emissões industriais (fontes fixas) com as do tráfego, verifica-se dois pontos essencialmente diferentes:

- o número de veículos é muito maior do que o número de indústrias;
- as indústrias estão localizadas fora dos perímetros urbanos e emitem através de chaminés, a uma certa distância da população, enquanto que os veículos libertam os

poluentes geralmente nos centros urbanos, em circunstâncias que possibilitam praticamente a inalação direta pelos seres humanos.

2.2. Principais poluentes atmosféricos

É grande a variedade de substâncias presentes na atmosfera o que dificulta a respetiva classificação. No entanto, tendo em vista as fontes emissoras dos poluentes, as mesmas foram divididas em duas categorias:

- Poluentes Primários: emitidos diretamente pelas fontes para a atmosfera, como por exemplo, monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO_X) constituídos pelo monóxido de azoto (NO) e pelo dióxido de azoto (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2) ou as partículas em suspensão.

- Poluentes Secundários: resultam de reações químicas que ocorrem na atmosfera e onde participam alguns poluentes primários. Por exemplo, o ozono troposférico (O_3), que resulta de reações fotoquímicas, ou seja, realizadas na presença de luz solar.

2.2.1. Óxidos de carbono

Os óxidos de carbono, monóxido (CO) e dióxido (CO_2), são produzidos em quantidades significativas tanto por processos naturais como por atividades humanas.
O CO_2 não é considerado um poluente dado ser um constituinte normal da atmosfera. No entanto, a sua concentração tem vindo a aumentar, contribuindo para um aumento da temperatura média do planeta.
O CO é um gás tóxico e um dos principais poluentes atmosféricos. Para além de diversos processos naturais (erupções vulcânicas, decomposição da clorofila, fogos florestais, etc.), o CO é produzido em todas as combustões incompletas, seja de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos.

2.2.2. Compostos de enxofre

Os compostos de enxofre mais importantes como poluentes atmosféricos são os óxidos de enxofre (SO_X) e o sulfureto de hidrogénio (H_2S).

Os óxidos de enxofre são produzidos na queima de combustível e na calcinação de minerais que contenham enxofre, sendo o dióxido de enxofre (SO_2) o mais abundante.
O SO_2 é um gás incolor, mas pode ser detetado pelo sabor ou, em elevadas concentrações, através do cheiro. As concentrações de fundo do SO_2 são bastante baixas, situando-se na ordem dos 2 a 3 ug/m^3.
O sulfureto de hidrogénio (H_2S) é um gás muito tóxico e que é facilmente identificado pelo seu característico cheiro a ovos podres podendo o mesmo ser detetado em baixas concentrações. Apesar da sua toxicidade, o H_2S aparece na atmosfera em concentrações tão baixas que não chegam a apresentar risco para a saúde.

2.2.3. Óxidos de azoto

Os compostos de azoto mais relevantes como poluentes são o monóxido de azoto (NO) e dióxido de azoto (NO_2).
Dados que estes compostos se interconvertem durante as reações fotoquímicas que ocorrem na atmosfera, são geralmente designados em conjunto como óxidos de azoto (NO_X).
O monóxido de azoto (NO) é um gás incolor, insípido, inodoro e relativamente pouco tóxico e as suas principais fontes são os veículos, as centrais térmicas e as caldeiras industriais.
O dióxido de azoto (NO_2) apresenta uma cor amarelo-alaranjada em baixas concentrações e vermelho-acastanhada a concentrações elevadas. Tem um cheiro irritante, é relativamente tóxico e extremamente corrosivo. Provém principalmente das indústrias químicas e forma-se no processo de oxidação fotoquímico.
A presença destes compostos reveste-se de importância pela sua participação nos fenómenos fotoquímicos que conduzem à formação do nevoeiro fotoquímico.

2.2.4. Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos (HC) são um extenso grupo de compostos orgânicos que se caracterizam pela sua constituição, ou seja, apenas ligações entre carbono e hidrogénio, como por exemplo, o metano (CH_4), o etano (C_2H_6) e o etileno (C_2H_4).
As emissões de hidrocarbonetos resultantes de atividades humanas devem-se sobretudo às combustões incompletas. As principais fontes de emissão são os transportes, a indústria petroquímica e o uso de solventes orgânicos (COV).

2.2.5. Ozono

O ozono (O_3) é o mais importante dos oxidantes fotoquímicos. O mesmo existe em grande quantidade na estratosfera, onde absorve a radiação solar ultravioleta.
O ozono aparece nos níveis mais baixos da atmosfera principalmente, como resultado de reações químicas envolvendo NO_X, oxigénio (O_2) e radiação solar.

As reações infra exemplificam a formação do ozono:

$$NO_2 + hv \rightarrow O + NO$$
$$O + O_2 \rightarrow O_3$$

2.2.6. Poluentes perigosos

Além dos poluentes supra existem outros que, apesar de existirem em baixas concentrações, são particularmente prejudiciais à saúde e por isso são colocados numa categoria à parte. Entre estes poluentes contam-se os metais pesados como chumbo, cádmio, arsénio e níquel e uma série de compostos orgânicos, como as dioxinas e os furanos.

2.2.7. Partículas em suspensão

As partículas em suspensão ou partículas inaláveis ou finas, com diâmetro médio inferior a 10 micrometros (PM_{10}), são produzidas em processos naturais e em atividades antropogénicas. De salientar que as partículas em suspensão são perigosas para a saúde humana devido a ser facilmente inaladas.

3. Efeitos dos poluentes atmosféricos

Para se avaliar o efeito de um poluente importa atender a dois fatores essenciais: a sua concentração e tempo durante o qual o mesmo atua. Uma concentração muito alta durante um certo período pode ter efeitos extremos mas, uma concentração menos elevada que se mantenha durante um longo período pode implicar consequências negativas com maior significado.

Independentemente do grau de poluição, as emissões de poluentes poderão, ainda, atingir diferentes proporções, desde uma escala local à global, dependendo de vários fatores como as condições meteorológicas e a constituição físico-química do próprio poluente.

3.1. Efeitos na atmosfera

Os poluentes podem alterar algumas das características físicas da atmosfera, nomeadamente a visibilidade e a cor.

A redução da visibilidade é uma das consequências mais notadas da poluição do ar e deve-se à difusão da luz provocada pela presença de partículas em concentração elevada.

Alguns gases, como o ozono, absorvem a luz solar de diversos comprimentos de onda, alterando o espectro de radiação que chega ao solo.

O NO_2, devido à sua cor alaranjada e o ácido sulfúrico (H_2SO_4), em tom azul, podem alterar a cor da atmosfera em zonas poluídas.

De seguida são descritos fenómenos tais como o Efeito de Estufa e Nevoeiro Fotoquímico (*smog*) que se devem essencialmente à presença de gases poluentes na camada atmosférica levando ao aquecimento global e à formação de chuvas ácidas.

Fig. 1 – Processo de Efeito de Estufa

Fonte: http://www.rudzerhost.com/ambiente/estufa.htm

3.1.1. Efeito de Estufa

Durante o dia, parte da energia solar é captada e absorvida pela superfície da terra sendo outra parte refletida para a atmosfera.

Os gases naturais que existem na atmosfera funcionam como uma capa protetora que impede a dispersão total do calor para o espaço exterior, evitando desta forma a perda de calor no período noturno.

Certos gases como o dióxido de carbono (CO_2), criam uma espécie de teto, como o de uma estufa sobre a terra, deixando a luz do sol entrar e não deixando o calor sair. O efeito de estufa gerado pela natureza é, portanto, não apenas benéfico mas imprescindível para a manutenção da vida sobre a terra.

No entanto, o aumento da quantidade de gases e outras substâncias poluentes (com destaque para o dióxido de carbono) lançados para a atmosfera pelas diversas atividades humanas, sobretudo através da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) na indústria e nos veículos, bem como incêndios florestais, tem vindo a aumentar o efeito de estufa com o consequente e indesejável aumento da temperatura na troposfera. Do aumento da temperatura resultarão modificações no regime das precipitações e no ciclo natural da água bem como a fusão dos gelos nas zonas polares.

As consequências serão sentidas nos ecossistemas com alterações na fauna e flora, a elevação do nível dos oceanos e a salinização das fontes de água doce.

3.1.2. Nevoeiro Fotoquímico

Nas zonas com elevada poluição, os produtos formam-se por oxidação dos reagentes razão pela qual, apesar de estarem no estado gasoso, atingem rapidamente o ponto de saturação. Neste caso, os compostos gasosos condensam-se para formar um aerossol (partícula em suspensão no ar), composto por partículas líquidas ou sólidas, chamado de *smog*. As partículas de *smog* contêm ácidos, como o nítrico (HNO_3) e o sulfúrico (H_2SO_4), que se formam por oxidação do dióxido de azoto (NO_2) e de enxofre (SO_2), nitratos, sulfatos, metais, compostos de carbono e água.

O *smog* é mais frequente nas zonas em que os seus precursores (compostos orgânicos voláteis e óxidos de azoto), apresentam uma elevada concentração, quer devido a elevadas emissões de origem antropogénica, quer à existência de condições meteorológicas propícias (exposição solar e inversão térmica). No entanto, o *smog* também é verificado em ambientes naturais, como por exemplo, em áreas cobertas por uma vegetação que origine a formação de uma grande quantidade de hidrocarbonetos.

O nevoeiro fotoquímico é responsável pelo “halo” observado sobre as regiões mais poluídas e quando se verificam condições meteorológicas propícias, nomeadamente o aumento da temperatura, bem como condições topográficas e meteorológicas propícias.

3.2. Efeitos no homem

O metabolismo dos seres humanos torna-os particularmente sensíveis aos poluentes atmosféricos.

A resposta fisiológica à presença de poluentes varia desde o incómodo e mal estar até graves perturbações nas funções vitais que podem conduzir a doenças crónicas e eventualmente, à morte.

Quadro 1 – Efeitos dos principais poluentes atmosféricos na Saúde Humana

Poluente	Principal fonte	Efeitos principais para a saúde
Ozono	Transformação de óxidos de azoto e de compostos orgânicos voláteis produzidos pelo tráfego na presença de luz solar	Provoca problemas respiratórios, reduzindo a função pulmonar
		Agrava a asma
		Irrita os olhos e o nariz
		Reduz a resistência a infecções
Partículas	Queima de combustíveis — por exemplo, motores *diesel* e madeira Indústria	Provocam cancro
		Causam problemas cardíacos Estão na origem de doenças respiratórias
	Agricultura — por exemplo, lavoura, queimada de limpeza Reacções químicas secundarias	Aumentam o risco de mortalidade infantil
Dióxido de enxofre	Queima de combustíveis	Provoca problemas respiratórios
Dióxido de azoto	Veículos a motor	Provocam doenças respiratórias
	Outros processos de combustão de combustíveis	Afecta os tecidos
Monóxido de Carbono	Veículos a motor	Reduz a quantidade de oxigénio no sangue.
	Outros processos de combustão de combustíveis	Provoca fenómenos de asfixia

Fonte: Adaptado – "Comissão Europeia: Ar Puro para as Cidades da Europa, 1997".

3.3. Efeitos na vegetação e ecossistemas naturais

Os efeitos dos poluentes na vegetação podem ir desde reduções no crescimento ou nos teores de clorofila das folhas até à morte dos tecidos. Geralmente, as plantas são extremamente vulneráveis ao SO_2 sobretudo se a humidade relativa for elevada. O pinheiro, as macieiras, o trigo e o algodão estão entre as plantas que são particularmente sensíveis a este poluente. Refira-se no entanto que nos solos pobres em enxofre a presença de SO_2 em baixas concentrações pode ter efeitos benéficos no crescimento das plantas.

Outros poluentes com características fitotóxicas são o ozono, o ácido clorídrico e o flúor.

O NO_2, por seu lado, raramente aparece em concentrações suscetíveis de causar danos às culturas.

As partículas ao depositarem-se nas folhas podem interferir com a fotossíntese e, assim, prejudicar as plantas.

4. Definições

De acordo com o artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, entende-se por:

a) «Aglomeração» uma zona que constitui uma conurbação caracterizada por um número de habitantes superior a 250 000 ou em que o número de habitantes se situe entre os 250 000 e os 50 000 e tenha uma densidade populacional superior a 500 hab/km^2;

b) «Ar ambiente» o ar exterior da troposfera, excluindo os locais de trabalho tal como definidos no Decreto-Lei n.º 347/93, de 1 de outubro, onde são aplicáveis as disposições em matéria de saúde e segurança no trabalho e aos quais o público não tem acesso regular;

c) «Arsénio», «cádmio», «níquel» e «benzo(a)pireno» o teor total destes elementos e de compostos na fração PM_{10};

d) «Avaliação» qualquer método utilizado para medir, calcular, prever ou estimar níveis de poluentes;

e) «Composto orgânico volátil (COV)» compostos orgânicos com origens antropogénica e biogénica, não incluindo o metano, que podem produzir oxidantes fotoquímicos por reação com óxidos de azoto na presença da luz solar;

f) «Contribuições provenientes de fontes naturais» emissões de poluentes não causadas direta nem indiretamente por atividades humanas, nas quais se incluem catástrofes naturais como erupções vulcânicas, atividade sísmica, atividade geotérmica, incêndios florestais incontrolados, ventos de grande intensidade, aerossóis marinhos ou a ressuspensão ou transporte atmosférico de partículas naturais provenientes de regiões secas;

g) «Deposição total ou global» a massa total de poluentes transferidos da atmosfera para superfícies, tais como o solo, a vegetação, a água e os edifícios, numa determinada área e em determinado período de tempo;

h) «Estimativas objetivas» métodos de avaliação que permitem estimar concentrações respeitando objetivos de qualidade menos rigorosos que a modelação;

i) «Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos» os compostos orgânicos, formados pelo menos por dois anéis aromáticos fundidos, inteiramente constituídos por carbono e hidrogénio;

j) «Indicador de exposição média (IEM)» um nível médio de $PM_{2,5}$ determinado com base em medições efetuadas em localizações urbanas de fundo, em todo o território,

que reflete a exposição da população e que é utilizado para calcular o objetivo nacional de redução da exposição e o limite de concentração de exposição de $PM_{2,5}$;

l) «Limiar de alerta» um nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana da população em geral e a partir do qual devem ser adotadas medidas imediatas;

m) «Limiar de informação» um nível acima do qual uma exposição de curta duração apresenta riscos para a saúde humana de grupos particularmente sensíveis da população, a partir do qual é necessária a divulgação imediata de informações adequadas;

n) «Limiar inferior de avaliação (LIA)» um nível abaixo do qual a qualidade do ar ambiente pode ser avaliada apenas através de técnicas de modelação ou de estimativa objetiva;

o) «Limiar superior de avaliação (LSA)» um nível abaixo do qual a qualidade do ar ambiente pode ser avaliada utilizando uma combinação de medições fixas e de técnicas de modelação e ou medições indicativas;

p) «Limite de concentração de exposição» um nível de $PM_{2,5}$ fixado com base no indicador de exposição média, a atingir ao longo de um determinado período a fim de reduzir os efeitos nocivos na saúde humana;

q) «Margem de tolerância» a percentagem do valor limite em que este valor pode ser excedido nas condições fixadas no Decreto-Lei;

r) «Medição fixa» uma medição efetuada num local fixo, quer de modo contínuo quer por amostragem aleatória, a fim de determinar os níveis de acordo com os objetivos de qualidade dos dados;

s) «Medição indicativa» uma medição que respeita objetivos de qualidade dos dados menos rigorosos do que os definidos para as medições fixas;

t) «Mercúrio gasoso total» o vapor de mercúrio elementar (*Hg*0) e mercúrio gasoso reativo, ou seja, espécies de mercúrio solúveis em água com uma pressão de vapor suficientemente elevada para existir na fase gasosa;

u) «Modelação» uma técnica de simulação dos fenómenos que ocorrem na natureza, que permite estimar a concentração dos poluentes num conjunto de pontos com base num conjunto de variáveis que a influenciam;

v) «Nível» a concentração de um poluente no ar ambiente ou a sua deposição em superfícies num dado intervalo de tempo;

x) «Nível crítico» um nível fixado com base em conhecimentos científicos, acima do qual podem verificar-se efeitos nocivos diretos em recetores como árvores, outras plantas ou ecossistemas naturais, mas não em seres humanos;

z) «Objetivo a longo prazo» um nível a atingir a longo prazo, exceto quando tal não seja exequível através de medidas proporcionadas, com o intuito de assegurar uma proteção efetiva da saúde humana e do ambiente;

aa) «Objetivo nacional de redução da exposição» uma percentagem de redução da exposição média da população, fixada para o ano de referência com o intuito de reduzir os efeitos nocivos na saúde humana, a ser alcançado, na medida do possível, durante um determinado período de tempo;

bb) «Óxidos de azoto» a soma das concentrações de monóxido e dióxido de azoto, adicionadas como partes por bilião (ppbv), e expressa em microgramas por metro cúbico (µg/m^3) de dióxido de azoto;

cc) «PM_{10}» as partículas em suspensão suscetíveis de passar através de uma tomada de ar seletiva, tal como definido no método de referência para a amostragem e medição de PM_{10}, norma EN 12341, com uma eficiência de corte de 50 % para um diâmetro aerodinâmico de 10 µm;

dd) «$PM_{2,5}$» as partículas em suspensão suscetíveis de passar através de uma tomada de ar seletiva, tal como definido no método de referência para a amostragem e medição de $PM_{2,5}$, norma EN 14907, com uma eficiência de corte de 50 % para um diâmetro aerodinâmico de 2,5 µm;

ee) «Poluente» qualquer substância presente no ar ambiente que possa ter efeitos nocivos na saúde humana e ou no ambiente;

ff) «Substâncias precursoras de ozono» substâncias que contribuem para a formação de ozono na baixa troposfera, algumas das quais são enumeradas na lista constante do anexo XI do Decreto-Lei;

gg) «Valor alvo» um nível fixado com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana ou no ambiente, a atingir, na medida do possível, durante um determinado período de tempo;

hh) «Valor limite» um nível fixado com base em conhecimentos científicos com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e ou no ambiente, a atingir num prazo determinado e que, quando atingido, não deve ser excedido;

ii) «Zona» a área geográfica de características homogéneas, em termos de qualidade do ar, ocupação de solo e densidade populacional delimitada para fins de avaliação e gestão da qualidade do ar.

5. Avaliação da qualidade do ar ambiente

5.1. Delimitação de zonas e aglomerações

Para efeitos de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente na RAM, as zonas e aglomerações para cada poluente são delimitadas pela DROTA em articulação com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA). A delimitação das zonas e aglomerações é revista de cinco em cinco anos, em função dos resultados da avaliação da qualidade do ar ambiente e de alterações dos critérios que determinaram a sua delimitação.

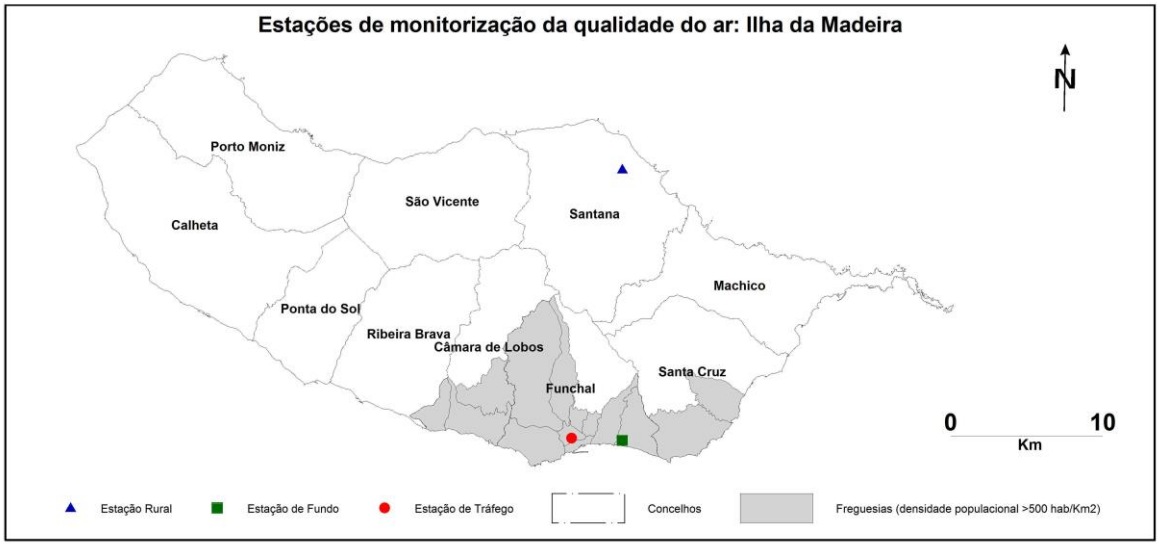


Fig. 2- Zona Madeira/Aglomeração Funchal.

Fonte: Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente da Região Autónoma da Madeira.

As freguesias que constituem a aglomeração Funchal são as infra:

CONCELHOS	FREGUESIAS	DENSIDADE POPULACIONAL (Hab/Km2)	ANO
Câmara de Lobos	Quinta Grande	506,92	2011
Câmara de Lobos	Câmara de Lobos	2324,54	
Câmara de Lobos	Estreito de Câmara de Lobos	1304,92	
Funchal	Santo António	1235,42	
Funchal	São Martinho	3329,59	
Funchal	São Roque	1251,46	
Funchal	São Pedro	4881,7	
Funchal	Sé	694,76	
Funchal	Imaculado Coração de Maria	4569,71	
Funchal	Santa Luzia	4381,67	
Funchal	Santa Maria Maior	2744,79	
Funchal	São Gonçalo	933,25	
Santa Cruz	Caniço	1949,01	
Santa Cruz	Gaula	579,77	

5.2. Técnicas de avaliação

A avaliação da qualidade do ar ambiente é efetuada usando uma ou mais das seguintes técnicas de avaliação:

a) Medições fixas usando métodos de referência ou equivalentes;

b) Medições indicativas;

c) Modelação;

d) Estimativas objetivas.

Para efeitos do supra disposto devem ser cumpridos os critérios de qualidade constantes da parte A do Anexo II e da parte A do Anexo XXI, ambos do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, do qual fazem parte integrante.

As medições indicativas, os modelos e as estimativas objetivas podem ser usados como suporte na delimitação das zonas, definidas no âmbito da avaliação da qualidade do ar ambiente e como avaliação complementar da qualidade do ar ambiente nas zonas e aglomerações.

5.3. Avaliação de dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão, chumbo, benzeno e monóxido de carbono

Os regimes de avaliação da qualidade do ar ambiente para os poluentes dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$), chumbo, benzeno e monóxido de carbono são estabelecidos com base na comparação dos níveis de qualidade do ar ambiente nas zonas e aglomerações nos últimos cinco anos com os LSA e LIA, nos termos da parte B do anexo III do diploma supra, podendo os mesmos ser revistos pelo menos de cinco em cinco anos, nos termos da parte B do anexo III do diploma, desde que antes desse período não se verifiquem alterações significativas das atividades relevantes para as concentrações dos referidos poluentes.

Os regimes de avaliação da qualidade do ar ambiente para os poluentes supra mencionados têm em consideração os seguintes critérios:

a) Nas zonas e aglomerações em que os níveis de um poluente excedam os respetivos limiares superiores de avaliação, fixados na parte A do anexo III do Decreto-Lei, são efetuadas medições fixas que podem ser complementadas por

técnicas de modelação e ou medições indicativas, com o objetivo de se obterem informações adequadas sobre a distribuição espacial da qualidade do ar ambiente;

b) Nas zonas e aglomerações com níveis de poluentes situados entre o limiar superior de avaliação e o limiar inferior de avaliação pode ser efetuada a combinação de medições fixas e de técnicas de modelação e ou medições indicativas para avaliar a qualidade do ar ambiente;

c) Nas zonas e aglomerações onde os níveis de poluentes forem inferiores ao limiar inferior de avaliação podem ser usadas técnicas de modelação e ou de estimativa objetiva para avaliar a qualidade do ar ambiente.

5.4. Avaliação de ozono

A avaliação da qualidade do ar ambiente para o ozono, nas zonas e aglomerações em que sejam excedidos os objetivos de longo prazo fixados na parte C do anexo VIII do diploma acima referido, em, pelo menos, um dos últimos cinco anos de medições, é efetuada com recurso a medições fixas. Sempre que os dados disponíveis sejam referentes a um período inferior a cinco anos, para efeitos de avaliação da ocorrência ou não da excedência, pode-se conjugar os resultados de campanhas de medições de curta duração, efetuadas no período de tempo e nos locais em que os níveis sejam suscetíveis de corresponder aos níveis de poluição mais elevados, com os resultados obtidos a partir dos inventários de emissões atmosféricas e da modelação.

5.5. Avaliação de arsénio, cádmio, níquel e benzo(a)pireno

O regime de avaliação da qualidade do ar ambiente para os poluentes arsénio, cádmio, níquel e benzo(a)pireno, como indicador do risco carcinogénico de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, é estabelecido após comparação dos níveis de qualidade do ar ambiente nas zonas e aglomerações nos últimos cinco anos com os LSA e LIA, nos termos das partes A e B do anexo XVIII do Decreto-Lei acima referido.

Os regimes de avaliação da qualidade do ar ambiente são revistos pelo menos de cinco em cinco anos, nos termos das partes B e C do anexo XVIII do diploma, desde que, antes desse período não se verifiquem alterações significativas das atividades relevantes para esses poluentes.

O regime de avaliação da qualidade do ar ambiente para os poluentes acima mencionados tem em consideração os seguintes critérios:

a) A medição dos poluentes é obrigatória nas zonas e nas aglomerações onde os níveis se situam entre os limiares superior e inferior de avaliação e nas zonas e aglomerações onde os níveis excedam o limiar superior de avaliação. Estas medições podem ser complementadas por técnicas de modelação, com o objetivo de se obterem informações adequadas sobre a distribuição espacial da qualidade do ar ambiente;

b) Nas zonas e aglomerações em que, durante um período representativo, os níveis de poluentes se situem entre o limiar superior de avaliação e o limiar inferior de avaliação pode ser efetuada a combinação de medições, incluindo medições indicativas, tal como referido na parte A do anexo XXI do diploma e técnicas de modelação para avaliar a qualidade do ar ambiente;

c) Nas zonas e aglomerações com níveis de poluentes situados abaixo do limiar inferior de avaliação é possível utilizar apenas técnicas de modelação ou de estimativa objetiva para avaliar a qualidade do ar ambiente.

Quando possível deve ser instalada uma estação de fundo para a medição indicativa desses poluentes no ar ambiente, dos outros hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e de mercúrio gasoso total, bem como das suas deposições totais, nos termos da parte E do anexo XVIII do Decreto-Lei acima referido.

6. Redes de qualidade do ar

As redes de medição da qualidade do ar ambiente são constituídas por estações de medição cuja localização obedece ao disposto nos anexos IV, V, VI, IX, X, XI e XX do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março.

A APA aprova, após proposta das respetivas entidades gestoras, a constituição das suas redes ou estações de monitorização da qualidade do ar ambiente para cumprimento das obrigações de avaliação, designadamente para fornecimento de informação da qualidade do ar ambiente a reportar à Comissão Europeia, as quais devem respeitar os objetivos de qualidade dos dados constantes dos anexos II e XXI diploma supra.

As entidades gestoras das redes podem complementar a avaliação das zonas e aglomerações recorrendo a estações (móveis) cujos objetivos de qualidade respeitem, no mínimo, os objetivos de qualidade para as medições indicativas previstas nos anexos II e XXI do Decreto-Lei acima mencionado.

A rede de medição para avaliar a exposição da população a $PM_{2,5}$ em zonas urbanas é definida refletindo a exposição da população em geral e respeitando o disposto no anexo XV do Decreto-Lei, tendo em consideração a necessidade de manutenção das condições da envolvente, até ao ano 2020, o mais inalteradas possível.

6.1. Requisitos gerais dos pontos de amostragem

A localização dos pontos de amostragem para cada um dos poluentes a avaliar deve respeitar:

a) Os critérios estabelecidos no anexo IV do Decreto-Lei, para o dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$), chumbo, benzeno e monóxido de carbono no ar ambiente;

b) Os critérios estabelecidos no anexo IX do Decreto-Lei, para o ozono no ar ambiente;

c) Os critérios estabelecidos no anexo XX do Decreto-Lei, para o arsénio, cádmio, níquel e benzo(a)pireno.

Nas zonas ou aglomerações onde as medições fixas constituem a única fonte de informação para a avaliação da qualidade do ar, o número mínimo de pontos de amostragem para cada poluente não deve ser inferior ao número mínimo de pontos especificado:

d) No anexo VI do Decreto-Lei, para o dióxido de enxofre, o dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$), chumbo, benzeno e monóxido de carbono;

e) Na parte A do anexo X do Decreto-Lei, para a medição do ozono;

f) Na parte D do anexo XX do Decreto-Lei, para o arsénio, cádmio, níquel e benzo(a)pireno.

6.1.1. Requisitos dos pontos de amostragem para dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$), chumbo, benzeno e monóxido de carbono no ar ambiente.

Nas zonas e aglomerações onde os dados provenientes dos pontos de amostragem para as medições fixas de dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão, chumbo, benzeno e monóxido de carbono são complementados por informações provenientes de modelação e ou de medições indicativas, o número total de pontos de amostragem para os poluentes especificados na parte A do anexo VI do Decreto-Lei pode ser reduzido no máximo até 50 %, desde que:

a) Os métodos suplementares forneçam informações suficientes para a avaliação da qualidade do ar ambiente no que se refere aos valores limite ou limiares de alerta, bem como informação adequada ao público;

b) O número de pontos de amostragem a instalar e a resolução espacial de outras técnicas sejam suficientes para que a concentração do poluente em questão possa ser determinada em conformidade com os objetivos de qualidade dos dados, especificados na parte A do anexo II do Decreto-Lei, e permitam que os resultados da avaliação respeitem os critérios especificados na parte B do referido anexo;

c) Os resultados provenientes de modelação e ou medições indicativas sejam considerados para a avaliação da qualidade do ar ambiente no que se refere aos valores limite.

6.1.2. Requisitos dos pontos de amostragem para o ozono

Nas zonas e aglomerações onde os dados provenientes dos pontos de amostragem para as medições fixas de ozono são complementados por informações provenientes de modelação e ou de medições indicativas, o número total de pontos de amostragem para o ozono especificado na parte A do anexo X do Decreto-Lei pode ser reduzido, desde que:

a) Os métodos suplementares forneçam informações suficientes para a avaliação da qualidade do ar ambiente no que se refere aos valores alvo, aos objetivos de longo prazo e aos limiares de informação e alerta;

b) O número de pontos de amostragem a instalar e a resolução espacial de outras técnicas sejam suficientes para que a concentração de ozono possa ser determinada em conformidade com os objetivos de qualidade dos dados, especificados na parte A do anexo II do Decreto-Lei, e permitam que os resultados da avaliação respeitem os critérios especificados na parte B do referido anexo;

c) O número de pontos de amostragem de ozono de cada zona ou aglomeração seja, pelo menos, de um ponto de amostragem por cada dois milhões de habitantes ou de um ponto de amostragem por cada 50 000 km2, consoante o que implique maior número de pontos, na condição de não ser inferior a um ponto de amostragem por cada zona ou aglomeração;

d) O dióxido de azoto seja medido em todos os pontos de amostragem restantes, com exceção das estações rurais de medição da poluição de fundo, de acordo com o estabelecido na parte A do anexo IX do Decreto-Lei;

e) Os resultados provenientes de modelações e ou medições indicativas sejam considerados para a avaliação da qualidade do ar ambiente no que se refere aos valores alvo.

O dióxido de azoto é medido em, pelo menos, 50 % dos pontos de amostragem de ozono previstos na parte A do anexo X do Decreto-Lei.

A medição do dióxido de azoto é efetuada de modo contínuo, exceto nas estações rurais de medição da poluição de fundo, referidas na parte A do anexo IX do Decreto-Lei, onde podem ser utilizados outros métodos de medição.

Nas zonas e aglomerações onde, durante cada um dos cinco anos de medição anteriores, as concentrações de ozono tiverem sido inferiores aos objetivos a longo prazo, o número de pontos de amostragem para as medições fixas é determinado nos termos da parte B do anexo X do Decreto-Lei.

6.2. Avaliação da qualidade do ar ambiente e localização dos pontos de amostragem para a medição de dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$), chumbo, benzeno e monóxido de carbono no ar ambiente.

A qualidade do ar ambiente é avaliada em todas as localizações de acordo com os critérios definidos para a localização dos pontos de amostragem para medições fixas. O respeito dos valores limite para proteção da saúde humana não é avaliado nas seguintes localizações:

a) Localizações situadas em zonas inacessíveis ao público em geral e em que não haja habitação fixa;

b) Nas fábricas ou instalações industriais às quais se apliquem todas as disposições relevantes em matéria de saúde e segurança no trabalho;

c) Na faixa de rodagem das estradas e nas faixas separadoras centrais das estradas, salvo se existir um acesso pedestre à faixa separadora central.

6.2.1. Localização em macroescala dos pontos de amostragem

6.2.1.1. Proteção da saúde humana:

a) Os pontos de amostragem orientados para a proteção da saúde humana devem ser instalados de forma a fornecer dados relativos a:

-Áreas no interior de zonas e aglomerações em que ocorram as concentrações mais elevadas às quais a população possa estar exposta, direta ou indiretamente, por um período significativo relativamente ao período utilizado para o cálculo do(s) valor(es) limite;

- Níveis de outras áreas no interior das zonas e aglomerações representativas da exposição da população em geral.

b) Os pontos de amostragem devem, em geral, ser instalados de forma a evitar a realização de medições em microambientes que se encontram na sua vizinhança imediata, o que significa que o ponto de amostragem deve localizar-se de forma a que o ar recolhido seja representativo da qualidade do ar ambiente num segmento de rua de comprimento não inferior a 100 m em zonas de tráfego.

c) As estações de medição da poluição urbana de fundo, consideradas as que se localizam em zonas onde os níveis são representativos da exposição da população

urbana em geral, devem ser instaladas de tal forma que os níveis de poluição medidos sejam influenciados pela contribuição combinada de todas as fontes a barlavento da estação. O nível de poluição não deve ser dominado por uma única fonte, exceto se essa situação for característica de uma área urbana mais vasta. Os pontos de amostragem devem, regra geral, ser representativos de uma área de vários quilómetros quadrados.

d) Se o objetivo consistir na avaliação dos níveis de fundo rurais, o ponto de amostragem não deve ser influenciado pela presença de aglomerações ou locais industriais na sua vizinhança, ou seja, distantes de menos de 5 km.

e) Os pontos de amostragem devem, sempre que possível, ser também representativos de localizações semelhantes não situadas na sua vizinhança imediata.

6.2.1.2. Proteção da vegetação e dos ecossistemas naturais

Os pontos de amostragem orientados para a proteção da vegetação e dos ecossistemas naturais devem ser instalados a mais de 20 km das aglomerações e a mais de 5 km de outras zonas urbanizadas, instalações industriais ou auto estradas ou estradas principais com um tráfego superior a 50 000 veículos por dia, o que significa que os pontos de amostragem devem localizar-se de forma que o ar amostrado seja representativo da qualidade do ar ambiente numa área circundante não inferior a 1000km^2. No entanto, pode prever-se a instalação de pontos de amostragem a uma distância inferior ou representativos da qualidade do ar de uma área menos extensa, em função das condições geográficas ou da necessidade de proteger áreas particularmente vulneráveis.

6.2.2. Localização em microescala dos pontos de amostragem

Devem ser cumpridas, tanto quanto possível, as seguintes orientações:

a) O fluxo de ar em torno da entrada da tomada de amostragem deve ser livre, sem quaisquer obstruções que afetem o fluxo de ar na proximidade do dispositivo de amostragem (em geral, a alguns metros de distância de edifícios, varandas, árvores ou outros obstáculos e, no mínimo, a 0,5 m do edifício mais próximo, no caso de pontos de amostragem representativos da qualidade do ar na linha de edificação;

b) Em geral, a entrada da tomada de amostragem deve estar a uma distância entre 1,5m (zona de respiração) e 4 m do solo. Poderá ser necessário, nalguns casos,

instalá-la em posições mais elevadas (até cerca de 8 m). A localização em posições mais elevadas pode também ser apropriada se a estação for representativa de uma área vasta;

c) A entrada da tomada não deve ser colocada na vizinhança imediata de fontes, para evitar a amostragem direta de emissões não misturadas com ar ambiente;

d) O exaustor do sistema de amostragem deve ser posicionado de modo a evitar a recirculação do ar expelido para a entrada da sonda;

e) Para todos os poluentes, os dispositivos de amostragem orientadas para o tráfego devem ser instaladas a uma distância mínima de 25 m da esquina dos principais cruzamentos e, no máximo, a 10 m da berma.

Deve também atender-se aos seguintes fatores: fontes interferentes, segurança, acessibilidade, disponibilidade de energia elétrica e comunicações telefónicas, visibilidade do local em relação ao espaço circundante, segurança do público e dos operadores, conveniência de efetuar no mesmo local a amostragem de diversos poluentes e requisitos em matéria de planeamento.

6.2.3. Medições de $PM_{2,5}$ em localizações rurais de poluição de fundo independentemente da concentração

O principal objetivo destas medições consiste em assegurar a disponibilização de informação adequada sobre os níveis de poluição de fundo.

Esta informação é essencial para analisar o aumento dos níveis em zonas mais poluídas, avaliar a possível contribuição do transporte de poluentes atmosféricos a longa distância, fundamentar a análise da distribuição das fontes e para compreender poluentes específicos como as partículas em suspensão. Tal informação é igualmente essencial para uma utilização mais intensiva da modelação, inclusive em zonas urbanas.

6.3. Critérios de classificação e localização dos pontos de amostragem para a avaliação das concentrações de ozono

No que respeita às medições fixas, deve ter-se em conta o seguinte:

6.3.1. Localização em macroescala dos pontos de amostragem

6.3.1.1.Estação Urbana

a) Proteção da saúde humana:

A avaliação da exposição da população urbana ao ozono deve ser feita em zonas de densidade populacional e concentração de ozono relativamente elevadas, representativas da exposição da população em geral e possuir uma representatividade de alguns quilómetros quadrados.

Deve localizar-se:

- Fora da área de influência das emissões locais devidas ao tráfego, estações de serviço, etc.
- Locais ventilados onde podem ser medidos níveis homogéneos.
- Localizações tais como zonas residenciais e comerciais de cidades, parques (áreas não arborizadas), artérias ou praças de grandes dimensões com tráfego reduzido ou nulo, espaços abertos característicos das instalações de educação, desporto ou recreio.

6.3.1.2. Estação Rural

a) Proteção da vegetação e da saúde humana:

Para a avaliação da exposição das culturas e dos ecossistemas naturais a concentrações de ozono à escala regional, bem como da exposição da população a nível regional, as estações devem ser:

- Implantadas em localidades de pequenas dimensões e ou zonas que possuam ecossistemas naturais, florestas ou culturas.
- Representativas dos níveis de ozono fora da área de influência imediata de emissões locais, nomeadamente de instalações industriais e infra-estruturas rodoviárias, podendo situar-se em espaços abertos, com exceção de cumes montanhosos elevados.

Se adequado, a localização das estações de medição da poluição deve coordenar-se com os requisitos de monitorização estabelecidos pelo Regulamento (CE) n.º 1737/2006 da Comissão, de 7 de novembro, que estabelece as regras de execução do Regulamento (CE) n.º 2152/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo ao acompanhamento das florestas e das interações ambientais na Comunidade.

6.3.2. Localização em microescala dos pontos de amostragem

Na medida do possível deve aplicar-se o procedimento relativo à localização em microescala descrito na parte C do anexo IV do Decreto-Lei, assegurando também a colocação da tomada de ar ao abrigo de fontes de emissões tais como fornos e efluentes de incineração e a mais de 10 m da infra-estrutura rodoviária mais próxima, distância esta que deve aumentar em função da intensidade do tráfego.

6.3.3. Documentação e reavaliação da seleção dos locais

Para a reavaliação da localização das estações deve seguir-se o procedimento descrito na parte D do anexo IV do Decreto-Lei, efetuando uma seleção e interpretação adequadas dos dados no contexto dos processos meteorológicos e fotoquímicos que afetam as concentrações de ozono medidas nos locais em causa.

7. Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da RAM

No sentido da prevenção dos efeitos nocivos sobre a saúde humana e sobre o ambiente na sua globalidade, a RMQAR da RAM, tem como objetivos: a avaliação da qualidade do ar, com base em métodos e critérios de medição comuns a todo o território nacional, a obtenção de informação adequada e também a disponibilização da informação ao público.

É composta por três estações fixas:

- Duas estações na Aglomeração Funchal, nomeadamente, estação de São João (Urbana de Tráfego) e estação de São Gonçalo (Urbana de Fundo) e;
- Uma estação na Zona Madeira, a estação de Santana (Rural de Fundo).

Quadro 2 – Caracterização das Estações de monitorização da qualidade do ar na RAM.

			Poluentes					Dados Meteorológicos				
Estações	**Tipo**	**Início de funcionamento**	**CO**	**NO_2**	**SO_2**	**O_3**	**PM_{10}**	**DV**	**VV**	**HR**	**IR**	**T**
São Gonçalo	Fundo	01-04-2003			V	V	V		V	V	V	V
São João	Tráfego	10-04-2003	V	V	V		V	V	V		V	V
Santana	Rural	09-04-2013		V		V	V	V	V	V	V	V

Nota: as siglas apresentadas no quadro anterior dizem respeito ao seguinte:

CO – Monóxido de Carbono
NO_2 – Dióxido de Azoto
SO_2 – Dióxido de Enxofre
O_3 – Ozono
PM_{10} – Partículas em suspensão

DV – Direção do Vento
VV – Velocidade do Vento
HR – Humidade Relativa
IR – Intensidade de Radiação
T – Temperatura

Figs. 3 e 4 – Estação de São João e Estação de São Gonçalo

Fig. 5 – Estação de Santana

As estacões estão equipadas com analisadores automáticos que permitem a monitorização em contínuo de vários poluentes. Estes equipamentos têm ainda a capacidade de calcular e armazenar as concentrações em médias de 15 minutos, sendo estes dados posteriormente recolhidos por um *software* específico ***Atmis*** (*Atmospheric and Meteorological Instrumentation System*), utilizado a nível nacional pelas entidades gestoras da qualidade do ar ambiente.

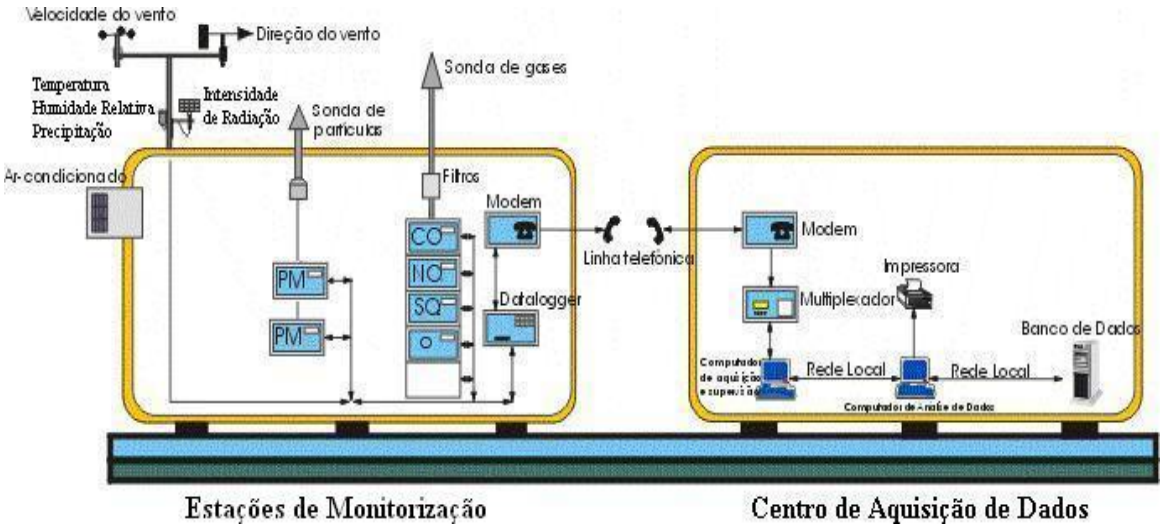


Fig. 6 – Estações de monitorização e sistema de aquisição de dados.

7.1. Métodos de referência para a avaliação das concentrações no ar ambiente

Os analisadores existentes na Rede de Qualidade do Ar da RAM efetuam a respetiva monitorização em conformidade com os métodos de referência infra:

7.1.1. Método de referência para a medição do dióxido de enxofre

O método de referência para a medição do dióxido de enxofre é o método descrito na norma EN 14212:2005 «Ambient air quality — Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence».

7.1.2. Método de referência para a medição do dióxido de azoto e dos óxidos de azoto

O método de referência para a medição do dióxido de azoto e dos óxidos de azoto é o método descrito na norma EN 14211:2005 «Ambient air quality — Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence».

7.1.3. Método de referência para a amostragem e medição de PM_{10}

O método de referência para a amostragem e medição de PM_{10} é o método descrito na norma EN 12341:1999 «Air Quality — Determination of the PM_{10} fraction of suspended particulate matter — Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods».

7.1.4. Método de referência para a amostragem e medição de $PM_{2,5}$

O método de referência para a amostragem e medição de $PM_{2,5}$ é o método descrito na norma EN 14907:2005 «Standard gravimetric measurement method for the determination of the $PM_{2,5}$ mass fraction of suspended particulate matter».

7.1.5. Método de referência para a medição do monóxido de carbono

O método de referência para a medição do monóxido de carbono é o método descrito na norma EN 14626:2005 «Ambient air quality — Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non -dispersive infrared spectroscopy».

7.1.6. Método de referência para a medição do ozono

O método de referência para a medição do ozono é o método descrito na norma EN 14625:2005 «Ambient air quality — Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet photometry».

8. Índice de Qualidade do Ar

O índice de qualidade do ar (IQar) é uma ferramenta que permite uma classificação simples e compreensível do estado da qualidade do ar.

Este índice foi desenvolvido para:

a) Poder traduzir a qualidade do ar, especialmente das aglomerações existentes no país, mas também de algumas áreas industriais e cidades;

b) Permitir um fácil acesso do público à informação sobre qualidade do ar através da consulta direta ou através dos órgãos de Comunicação Social;

c) Dar resposta às obrigações legais.

8.1. Poluentes englobados no Índice para a proteção da saúde humana

São cinco os poluentes englobados no índice de qualidade do ar:

- O dióxido de azoto (NO_2);
- O dióxido de enxofre (SO_2);
- O monóxido de carbono (CO);
- O ozono (O_3);
- As partículas inaláveis ou finas com diâmetro médio inferior a 10 micrometros (PM_{10}).

Sem prejuízo do previsto no anexo II do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, devem utilizar-se os seguintes critérios de validação para a agregação de dados e para o cálculo dos parâmetros estatísticos:

a) Valores horários: 75 % (quarenta e cinco minutos);

b) Valores octo–horários: 75 % dos valores (seis horas);

c) Valores máximos diários das médias octo–horárias: 75 % das médias octo–horárias (18 médias octo-horárias por dia);

d) Valores por período de vinte e quatro horas: 75 % das médias horárias (pelo menos 18 valores);

e) Média anual, exceto para o poluente ozono (1): 90 % dos valores de uma hora ou dos valores por períodos de vinte e quatro horas ao longo do ano;

f) Média anual para o poluente ozono (1): 75 % dos valores horários no Verão (de abril a setembro) e 75 % no Inverno (de janeiro a março e de outubro a dezembro), separadamente.

(1) Os requisitos em matéria de cálculo da média anual não incluem as perdas de dados decorrentes da calibração regular e da manutenção periódica dos instrumentos.

De salientar que em relação ao poluente ozono para a proteção da vegetação e dos ecossistemas naturais, devem utilizar-se os seguintes critérios de validação para a agregação de dados e para o cálculo dos parâmetros estatísticos:

g) AOT40: 90 % dos valores horários no período definido para o cálculo do valor;

h) Número de excedências e de valores máximos por mês para o poluente ozono: 90% dos valores médios máximos diários correspondentes a períodos de oito horas (27 valores diários/mês) e 90 % dos valores horários entre as 8 e as 20 horas TEC.

O índice de qualidade do ar para a proteção da saúde humana é calculado a partir de valores médios de concentração dos seguintes poluentes:

- Dióxido de azoto (NO_2) – médias horárias
- Dióxido de enxofre (SO_2) – médias horárias
- Ozono (O_3) – médias de 8 horas consecutivas
- Monóxido de carbono (CO) – médias de 8 horas consecutivas
- Partículas inaláveis (PM_{10}) – média diária

A determinação do índice provisório é efetuada com dados de um período de integração relativo à média das primeiras 15 horas desse dia. Para o índice definitivo o cálculo é feito para o período compreendido entre as 00:00h e as 24:00 h do mesmo dia.

Com base nos valores máximos obtidos em cada estação de medição, é calculada, para cada poluente, a média aritmética considerando todas as estações de medição, integradas no índice.

O valor da média calculada para cada poluente é analisado à luz de uma matriz de classificação associada a uma escala de cores de forma a definir um gradiente de afetação sobre a população, resultante da degradação da qualidade do ar, por intermédio da ação individual de cada poluente. O IQar é definido a partir da pior das qualificações entre os poluentes considerados.

9. Análise de resultados (Ano 2016)

9.1. Objetivos de qualidade dos dados para a avaliação no ar ambiente dos poluentes dióxido de enxofre, dióxido de azoto, óxidos de azoto, monóxido de carbono, partículas (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e ozono

O anexo II do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, define como objetivos de qualidade as percentagens apresentadas no quadro infra: NO_x

Quadro 3 – Taxa mínima de recolha de dados / Eficiência (%)

Medições fixas	SO_2	NO_2	NO_x	CO	PM_{10}	$PM_{2,5}$	O_3
Anual	90	90	90	90	90	90	
Verão (abril a setembro)							90
Inverno (janeiro a março / outubro a dezembro)							(75 / 75)
SÃO JOÃO							
Anual		100	100	100	98,6	98,9	
SÃO GONÇALO							
Anual	100				99,2	99,2	
Verão (abril a setembro)							100
Inverno (janeiro a março / outubro a dezembro)							(100 / 100)
SANTANA							
Anual		99,7	99,7		94,3	97,5	
Verão (abril a setembro)							97,8
Inverno (janeiro a março / outubro a dezembro)							(100 / 100)

Da análise do quadro supra conclui-se que em todos os analisadores foi cumprida a taxa mínima de recolha de dados.

9.2. Análise dos resultados meteorológicos

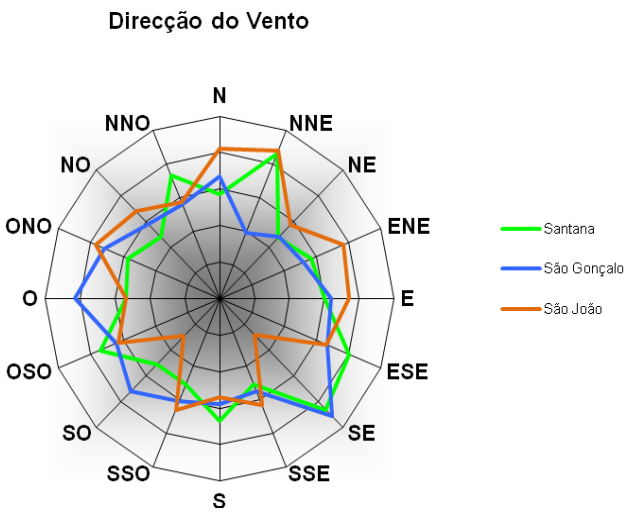
A qualidade do ar de uma determinada região está diretamente relacionada com o número de fontes de emissão e com as condições meteorológicas, tais como, a direção e velocidade média do vento, humidade relativa, temperatura e intensidade de radiação solar.

A variação destes parâmetros meteorológicos na atmosfera dificulta e/ou facilita a dispersão dos poluentes presentes na mesma. Devido a este comportamento de mudanças nos parâmetros meteorológicos, torna-se necessário correlacionar os resultados obtidos das concentrações dos poluentes monitorizados com os dados meteorológicos.

De seguida apresenta-se a avaliação dos dados meteorológicos das três estações que compõem a Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da Região Autónoma da Madeira, nomeadamente, a estação de São João, estação de São Gonçalo e estação de Santana.

9.2.1. Direção e velocidade do vento

As direções e velocidade do vento registadas nas estações de São João e Santana em Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da Região Autónoma da Madeira durante o ano 2016 são de seguida apresentadas.



Graf. 1 – Direção do vento no ano de 2016

Pela análise do gráfico supra verifica-se a inexistência de uma predominância na direção do vento nas estações que compõem a Rede de Monitorização de Qualidade do Ar da RAM. No entanto:

- A estação de São Gonçalo registou uma maior predominância na direção SE e O;
- A estação de São João registou uma maior predominância na direção N e NNE;
- A estação de Santana registou uma maior predominância na direção NNE e SE.

Quadro 4 - Velocidade Média Anual do Vento – Ano 2016

Estações	Vel. Vento	
	Eficiência (%)	Média Anual (m/s)
Santana	99,2	1,8
São Gonçalo	100,0	2,2
São João	100,0	0,8

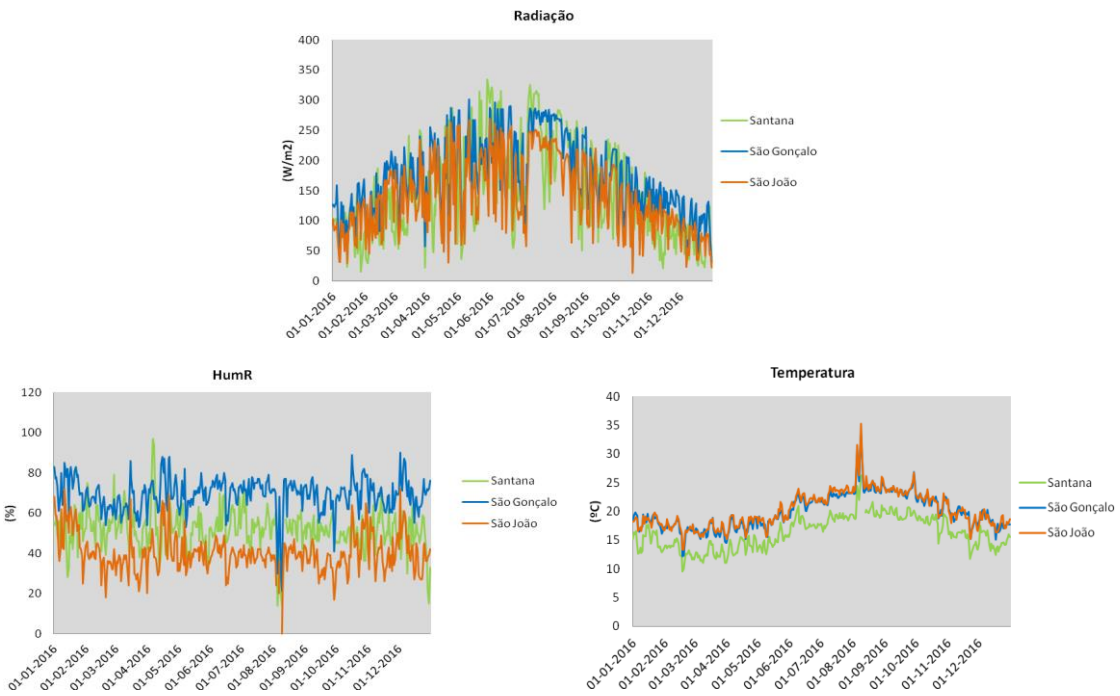
Da análise da tabela supra verifica-se, no ano 2016, uma elevada eficiência na monitorização dos parâmetros meteorológicos. Verifica-se ainda que as estações de fundo foram as que apresentaram uma velocidade média anual do vento mais elevada, com valores de 2,2 m/s e 1,8 m/s nas estações de Santana e São Gonçalo, respetivamente. Na estação de São João a média anual foi de 0,8 m/s.

9.2.2. Humidade relativa, temperatura e intensidade de radiação

Nos tabela e gráficos infra apresenta-se a evolução, ao longo do ano 2016, dos restantes parâmetros monitorizados nas estações de qualidade do ar que compõem a Rede da RAM, no caso em apreço, a Humidade Relativa (%), Temperatura (.ºC) e Intensidade de Radiação (W/m^2). De salientar que entende-se por "Humidade Relativa" a quantidade de vapor de água existente na atmosfera, a uma determinada temperatura.

Quadro 5 - HumR (%), Temp (ºC) e Rad (W/m2) – Ano 2016

Estações	Hum. Relativa		Temperatura		Radiação	
	Eficiência (%)	Média Anual (%)	Eficiência (%)	Média Anual (ºC)	Eficiência (%)	Média Anual (W/m2)
Santana	99,2	52,0	99,2	16,2	99,2	145,0
São Gonçalo	100,0	69,0	100,0	19,9	100,0	168,0
São João	100,0	40,0	100,0	20,2	100,0	139,0



Grafs. 2, 3 e 4 – HumR (%), Temp (ºC) e Rad (W/m2) – Ano 2016

Da análise da tabela e gráficos supra verifica-se, no ano 2016, o seguinte:

- uma elevada eficiência na monitorização dos parâmetros meteorológicos;
- uma humidade relativa anual que varia entre os 40%, 52% e 69%, respetivamente, na estação de São João, Santana e São Gonçalo;
- uma temperatura média anual que varia entre 16,2ºC, 19,9ºC e 20,2ºC, respetivamente, na estação de Santana, São Gonçalo e São João;
- uma radiação média anual que varia entre os 139 W/m2, 145 W/m2 e 168 W/m2, respetivamente, na estação de São João, Santana e São Gonçalo;

Nos dias 10 e 11 de agosto ocorreram fenómenos naturais de transporte de partículas com origem em regiões áridas, conforme modelos em anexo. Estas condições meteorológicas contribuíram para que, entre os dias 10 a 12 de agosto, fossem observadas elevadas temperaturas e baixa humidade relativa, fatores meteorológicos que, associados à velocidade do vento, contribuíram para a fácil propagação dos fogos ocorridos no início do mês de agosto de 2016, nomeadamente, no concelho do Funchal.

Fig. 7 – Fogos na RAM: agosto de 2016

Fonte: NASA Goddard Rapid Response Team

9.3. Valores Limite, LSA e LIA

O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, define, nomeadamente:

- valores limite para a proteção da saúde humana para os poluentes dióxido de enxofre, dióxido de azoto, monóxido de carbono, e PM_{10};
- requisitos (LSA e LIA) para a avaliação das concentrações de dióxido de enxofre, dióxido de azoto, óxidos de azoto, partículas em suspensão (PM_{10} e $PM_{2,5}$) e monóxido de carbono no ar ambiente no interior de uma zona ou aglomeração;
- limiar de informação para o ozono e limiares de alerta para o dióxido de enxofre, dióxido de azoto e ozono;
- níveis críticos para a proteção da vegetação para o dióxido de enxofre e para os óxidos de azoto;
- valores alvo e objetivos a longo prazo para o ozono;
- objetivo nacional de redução da exposição, valor alvo e valor limite para $PM_{2,5}$.

A excedência dos limiares de avaliação superior e inferior deve ser determinada a partir das concentrações dos cinco anos anteriores, caso se encontrem disponíveis dados suficientes.

Considera-se que um limiar de avaliação foi ultrapassado se tiver sido excedido em, pelo menos, três desses cinco anos.

De seguida far-se-á a comparação entre as concentrações obtidas durante o ano 2016 e o supra descrito.

9.3.1. Monóxido de carbono

9.3.1.1. Proteção da saúde humana

O quadro seguinte indica o valor limite diário previsto para o poluente monóxido de carbono tendo em vista a proteção da saúde humana e os respetivos limiares de avaliação definidos no diploma supra.

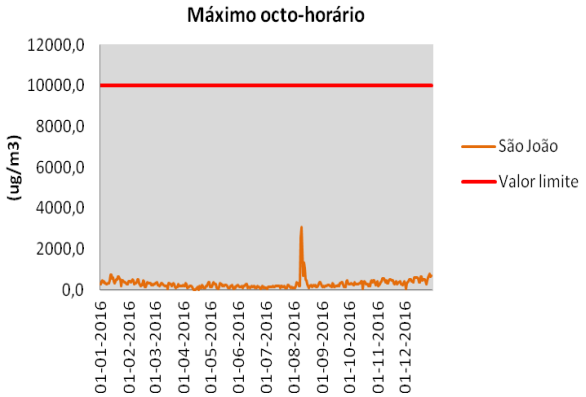
Quadro 6 – Monóxido de carbono (CO)

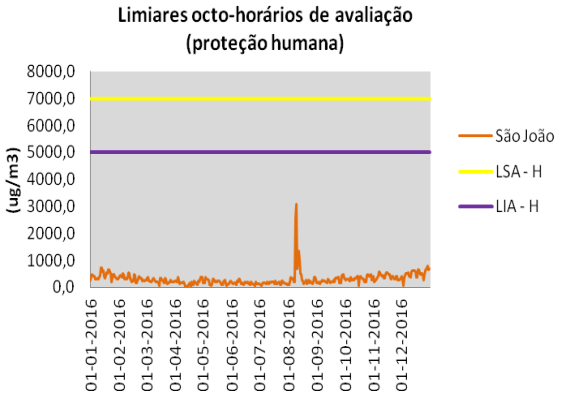
Período de referência	Valor limite (mg/m³)	Limiar superior de avaliação	Limiar inferior de avaliação
Máximo diário das médias de oito horas (*)	10		
Média horária por períodos de oito horas		70 % do valor limite (i)	50 % do valor limite (ii)

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

(i) 70 % do valor limite (7 mg/m³).

(ii) 50 % do valor limite (5 mg/m³).





Grafs. 5 e 6 – CO: ano 2016

Quadro 7 – Monóxido de carbono (CO)

Período de referência	São João (máximo) (ug/m³)	Valor limite (ug/m³)	LSA - H (ug/m³)	LIA - H (ug/m³)
Média octo-horária	3072	10000	7000	5000

Pela análise dos gráficos e quadro supra verifica-se o cumprimento do valor limite definido para o poluente CO. Mais se verifica que todas as médias horárias por períodos de oito horas encontram-se abaixo dos limiares de avaliação. A média octo-horária mais elevada foi atingida no dia 10 de agosto, consequência dos incêndios que ocorreram na RAM no ano 2016.

9.3.2. Dióxido de enxofre

Os quadros seguintes indicam os limites para o poluente SO_2 tendo em vista a proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas naturais e os respetivos limiares de avaliação definidos no diploma supra

Quadro 8 – Dióxido de enxofre (SO_2)

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

Nota: (*) a não exceder mais de 24 vezes por ano civil.
(**) a não exceder mais de três vezes por ano civil.
(***) a medir em três horas consecutivas.
(i) 75 µg/m^3, a não exceder mais de três vezes em cada ano civil.
(ii) 50 µg/m^3, a não exceder mais de três vezes em cada ano civil.

Quadro 9 – Dióxido de enxofre (SO_2)

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

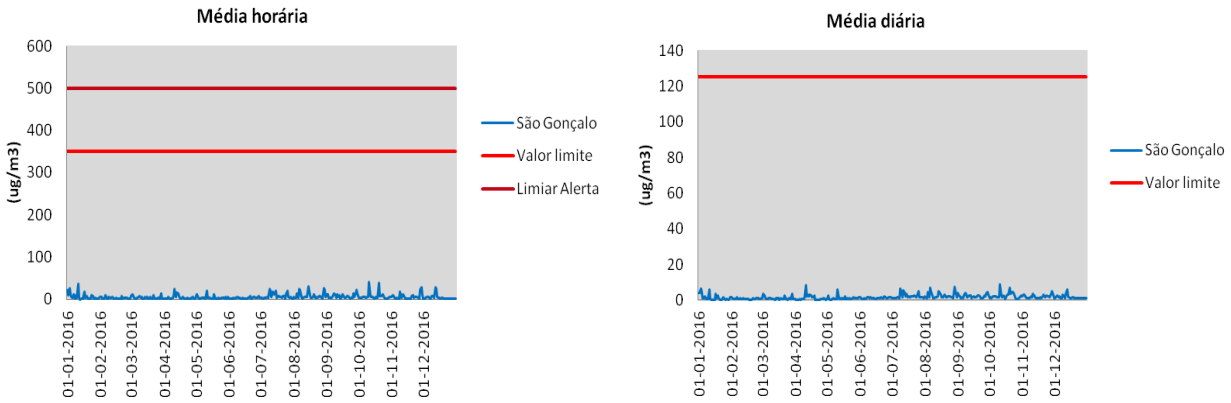
Nota: (*) De 1 de outubro a 31 de março
(i) 60 % do nível crítico aplicável no Inverno (12 µg/m^3).
(ii) 40 % do nível crítico aplicável no Inverno (8 µg/m^3).

Na tabela e gráficos infra apresentam-se os resultados, para o ano 2016, do poluente SO_2, comparando com os respetivos valores limite e limiares de avaliação definidos para a proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas.

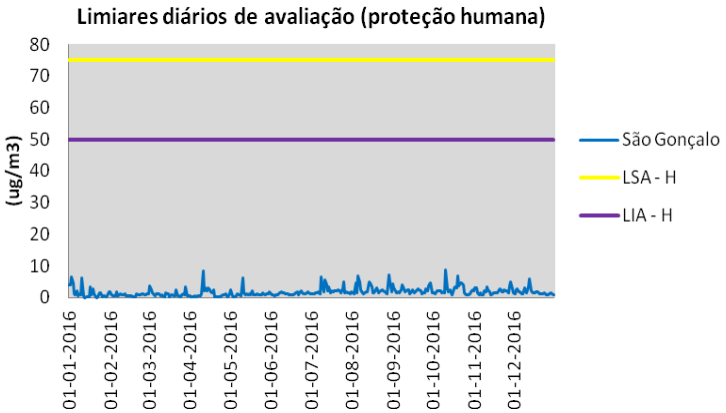
9.3.2.1. Proteção da saúde humana

O poluente SO_2 possui dois limites para proteção de saúde humana: um limite horário e um limite diário. De salientar que, em relação à proteção da saúde humana, encontra-se também definido para este poluente um limiar de alerta.

Encontram-se igualmente definidos limiares diários de avaliação para a proteção humana.



Grafs. 7 e 8 – SO_2: valores limite e limiar de alerta para proteção da saúde humana



Graf. 9 – SO_2: limiar diário de avaliação para proteção da saúde humana

Quadro 10 – SO_2: proteção da saúde humana

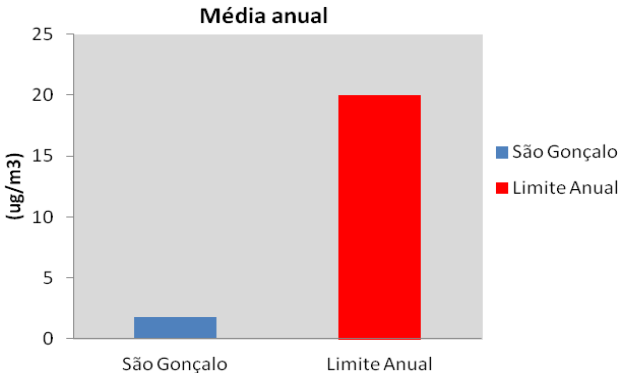
Período de referência	São Gonçalo (ug/m³) (máximos)	Valor limite (ug/m³) (proteção humana)	LSA - H (ug/m³)	LIA - H (ug/m³)
Uma hora	41,1	350		
Um dia	8,8	125	75	50

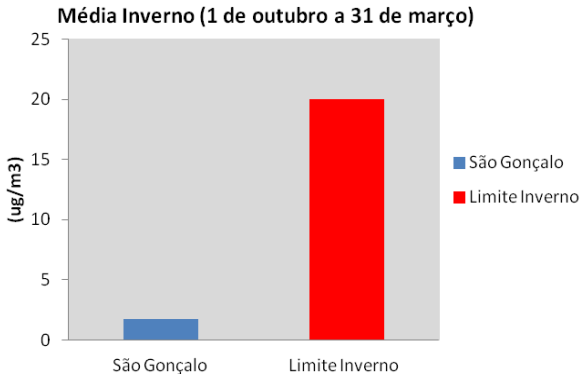
Pela análise dos gráficos supra verifica-se o cumprimento dos limites definidos para o poluente SO_2, relativo à proteção da saúde humana. Mais se verifica que todas as médias diárias encontram-se abaixo dos limiares diários de avaliação.

9.3.2.2. Proteção da vegetação e ecossistemas naturais

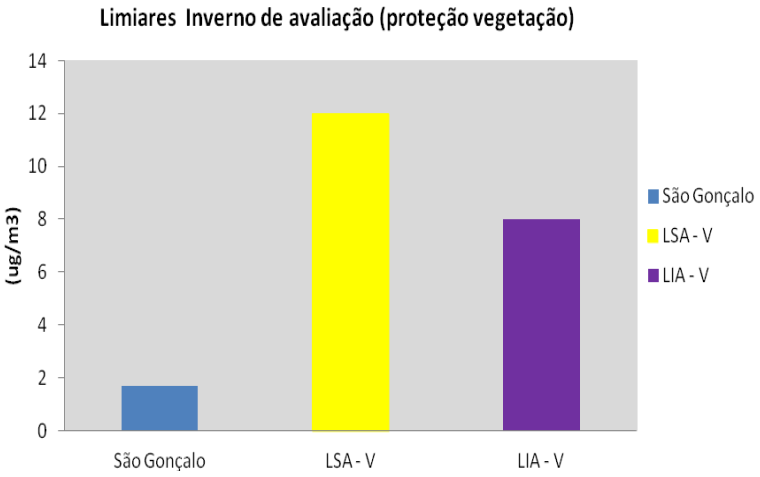
O poluente SO_2 possui dois níveis críticos (limites) para a proteção da vegetação: nível crítico anual e nível crítico de inverno, compreendido entre o período 1 de outubro a 31 de março.

Encontram-se igualmente definidos limiares Inverno de avaliação para a proteção de vegetação e ecossistemas naturais.





Grafs. 10 e 11 – SO_2: níveis críticos para proteção da vegetação e ecossistemas naturais



Graf. 12 – SO_2: limiares de avaliação (inverno) para proteção da vegetação e ecossistemas naturais

Quadro 11 – SO_2: Proteção da vegetação e de ecossistemas

Período de referência	**São Gonçalo** (ug/m^3)	**Nível crítico** (ug/m^3)	**LSA - V** (ug/m^3)	**LIA - V** (ug/m^3)
Ano Civil	1,8	20		
Inverno (*)	1,7	20	12	8

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

Pela análise dos gráficos e da tabela supra verifica-se o cumprimento dos níveis críticos definidos para o poluente SO_2, relativo à proteção da vegetação e ecossistemas.

Mais se verifica que a média de inverno encontra-se abaixo dos limiares inverno de avaliação.

9.3.3. Dióxido de azoto e óxidos de azoto

Os quadros seguintes indicam os limites e limiares de avaliação para os poluentes NO_2/NOx tendo em vista a proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas naturais.

Quadro 12–Dióxido de azoto (NO_2)

Período de referência	NO_2 - Proteção da saúde humana			
	Valor limite (ug/m^3)	Limiar de alerta (ug/m^3)	LSA - H (ug/m^3)	LIA - H (ug/m^3)
Uma hora	200 (*)	400 (**)	70 % do valor limite (i)	50 % do valor limite (ii)
Ano Civil	40		80 % do valor limite (iii)	65 % do valor limite (iv)

Nota: (*) a não exceder mais de 18 vezes por ano civil.
(**) a medir em três horas consecutivas.
(i) 140 µg/m^3, a não exceder mais de 18 vezes em cada ano civil.
(ii) 100 µg/m^3, a não exceder mais de 18 vezes em cada ano civil.
(iii) 80 % do valor limite (32 µg/m^3).
(iv) 65 % do valor limite (26 µg/m^3)

Quadro 13 –Óxidos de azoto (NOx)

Período de referência	NOx - Proteção da vegetação		
	Nível crítico (ug/m^3)	LSA - V (ug/m^3)	LIA - V (ug/m^3)
Ano Civil	30	80 % do nível crítico (i)	65 % do nível crítico (ii)

Nota: (i) 80 % do nível crítico (24 µg/m^3).
(iii) 65 % do nível crítico (19,5 µg/m^3).

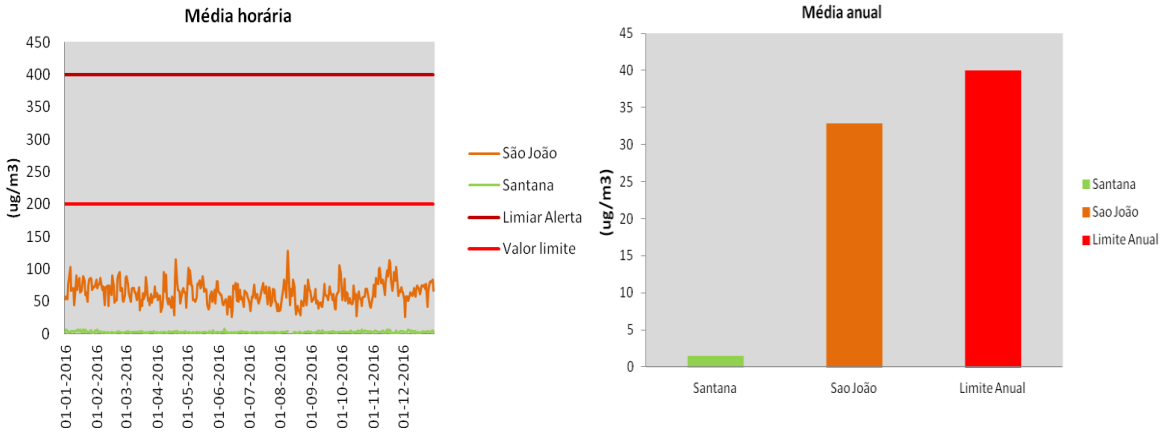
Nas tabelas e gráficos infra apresentam-se os resultados, para o ano 2016, dos poluentes NO_2 e NO_X, comparando com os respetivos valores limite e limiares de avaliação definidos para a proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas.

9.3.3.1. Dióxido de azoto

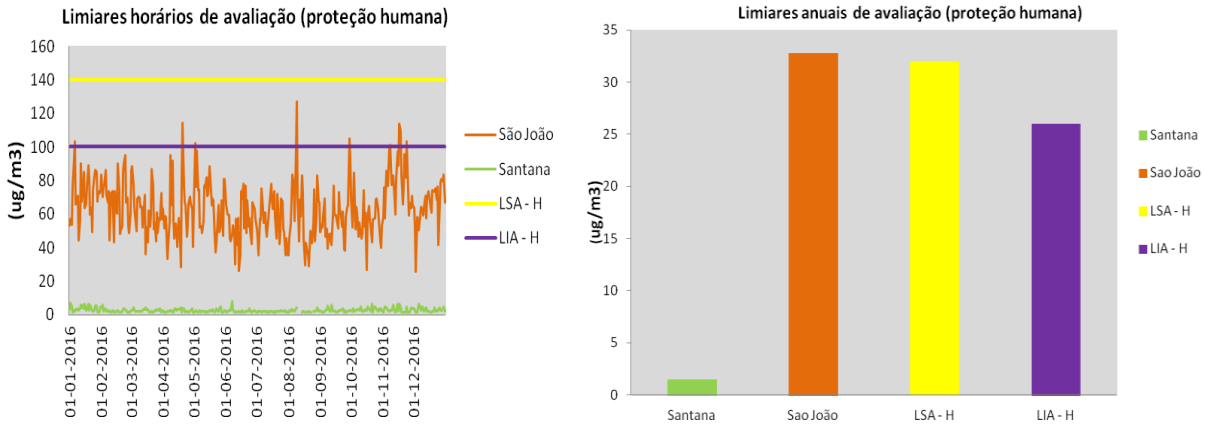
9.3.3.1.1. Proteção da saúde humana

O poluente NO_2 possui dois limites para a proteção da saúde humana: um limite horário e um limite anual. De salientar que, em relação à proteção da saúde humana, encontra-se também definido para este poluente um limiar de alerta.

Encontram-se igualmente definidos limiares horários e anuais de avaliação para a proteção humana.



Grafs. 13 e 14– NO_2: valores limite e limar de alerta para proteção da saúde humana



Grafs.15 e 16– NO_2: limiares de avaliação para proteção da saúde humana

Quadro 14 –Dióxido de azoto (NO_2)

Período de referência	NO_2 - Proteção da saúde humana				
	Santana (ug/m^3)	São João (ug/m^3)	Valor limite (ug/m^3)	LSA - H (ug/m^3)	LIA - H (ug/m^3)
Uma hora	8,1 (*)	127,1 (*)	200	140	100
Ano Civil	1,5	32,8	40	32	26

Nota: (*) máximo horário obtido no ano 2016.

Pela análise dos gráficos e da tabela supra verifica-se, em ambas as estações, o cumprimento dos limites horário e anual definidos para o poluente NO_2, relativo à proteção da saúde humana.

Em relação aos limiares de avaliação para proteção da saúde humana constata-se:

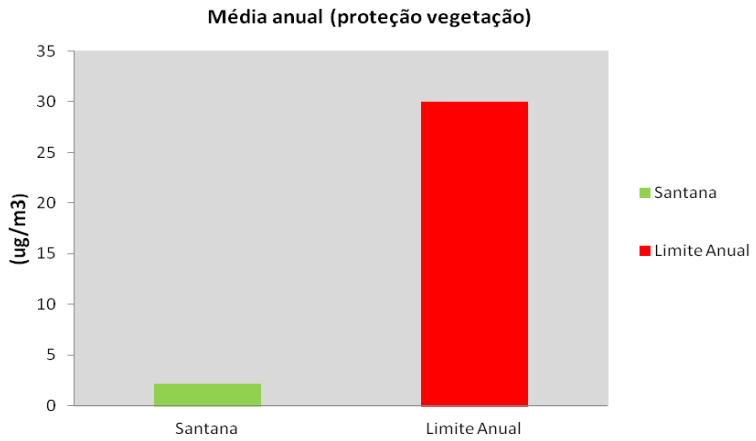
- a estação de Santana encontra-se com concentrações inferiores aos limiares anuais e horários de avaliação;
- a estação de São João atingiu concentrações superiores aos limiares anuais de avaliação e uma concentração superior ao limiar inferior horário de avaliação.

9.3.3.2. Óxidos de azoto

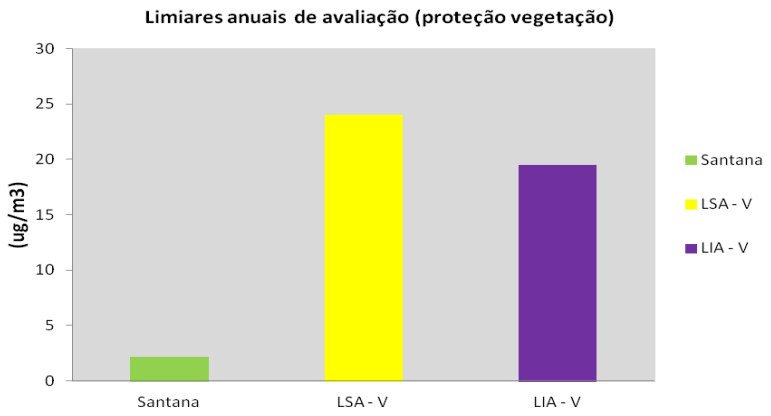
O poluente NOx, utilizado como referência para proteção da vegetação, possui um nível crítico (limite) anual e limiares anuais de avaliação.

De salientar que tratando-se de proteção de vegetação e de ecossistemas naturais, são aferidas as concentrações dos poluentes existentes nas estações de fundo, pelo que a análise é apenas efetuada à estação de Santana.

9.3.3.2.1. Proteção da vegetação



Graf. 17– NOx: nível crítico para proteção da vegetação e ecossistemas naturais



Graf. 18 – NOx: limiares de avaliação para proteção da vegetação e ecossistemas naturais

Quadro 15 – NOx: Nível crítico para a proteção da vegetação e ecossistemas naturais

	Nivel critico (ug/m^3)			
Período de referência	Santana (proteção vegetação)	Valor limite (proteção vegetação)	LSA - V (ug/m^3)	LIA - V (ug/m^3)
Ano Civil	2,2	30	24	19,5

Pela análise dos gráficos e da tabela supra verifica-se o cumprimento do nível crítico definido para o poluente NOx, relativo à proteção da vegetação e ecossistemas naturais. Mais se verifica que a média anual encontra-se abaixo dos limiares de avaliação.

9.3.4. Ozono

Os quadros seguintes indicam os limites e limiares de avaliação para o poluente O3 tendo em vista a proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas naturais.

Quadro 16 –Ozono (O_3)

	O_3 - Proteção da saúde humana			
Período de referência	Valor Alvo (ug/m^3)	Obj. Longo prazo (**) (ug/m^3)	Limiar de informação (ug/m^3)	Limiar de alerta (ug/m^3)
Valor máximo diário das médias octo-horárias (*)	120 (i)	120		
Uma hora			180	240 (ii)

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

(**) prazo não definido.

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

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

Quadro 17 –Ozono (O_3)

	O_3 - Proteção da vegetação	
Período de referência	Valor Alvo AOT40 (ug/m^3.h)	Obj. Longo prazo (*) AOT40 (ug/m^3.h)
De maio a julho	18000 (i)	6000

Nota: (*) prazo não definido.
(i) em média, num período de cinco anos.

Sobre os quadros supra salienta-se que, para a verificação dos valores alvo para proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas naturais, se não for possível determinar a médias de períodos de três ou cinco anos com base num conjunto completo e consecutivo de dados anuais, os dados anuais mínimos necessários à verificação da observância dos valores alvo são os seguintes:

- Valor alvo para a proteção da saúde humana: dados válidos respeitantes a um ano;
- Valor alvo para a proteção da vegetação: dados válidos respeitantes a três anos.

De salientar ainda que, nos casos em que não se encontrem disponíveis todos os dados possíveis de medir, deve utilizar-se o seguinte fator para o cálculo dos valores AOT40:

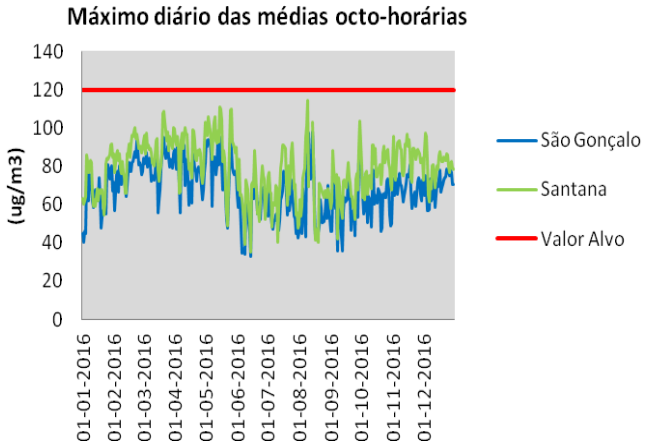
$$AOT40_{estimado} = AOT40_{medido} * (n.^o\ total\ horas\ possível(*)/n.^o\ de\ valores\ horários\ medidos)$$

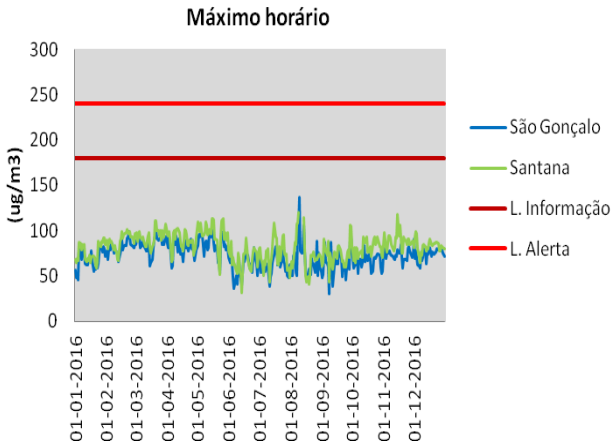
(*) Número de horas do período de definição do parâmetro AOT40 (das 8 às 20 horas TEC de 1 de maio a 31 de julho, para proteção da vegetação, e de 1 de abril a 30 de setembro, para proteção das florestas).

Nas tabelas e gráficos infra apresentam-se os resultados, para o ano 2016, do poluente O_3, comparando com os respetivos valores alvo, objetivos a longo prazo, limiares de informação e de alerta definidos para a proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas.

De salientar que por o ozono ser um poluente secundário, o mesmo não possui limiares de avaliação, atendendo a que a sua monitorização deve ser sempre em contínuo.

9.3.4.1. Proteção da saúde humana





Grafs. 19 e 20 – O_3: valor alvo e limares de informação e alerta para proteção da saúde humana

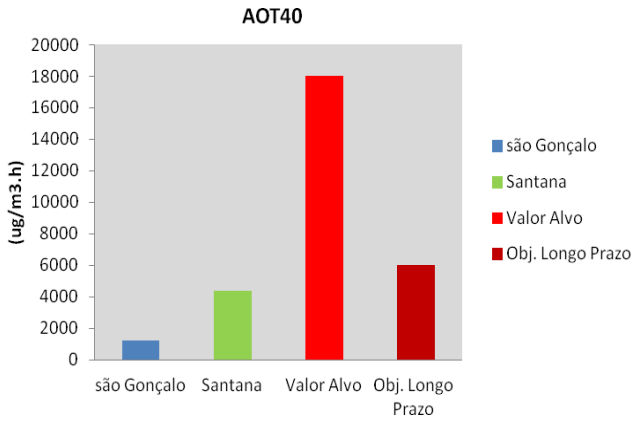
Quadro 18 – O_3: proteção da saúde humana

			O_3- Proteção da saúde humana			
Período de referência	Santana (ug/m^3)	São Gonçalo (ug/m^3)	Valor Alvo (ug/m^3)	Obj. Longo prazo (ug/m^3)	Limiar informação (ug/m^3)	Limiar alerta (ug/m^3)
Máximo das médias octo-horárias	114,2	98	120	120		
Máximo horário	120,3	136,5			180	240

Dos gráficos e quadro acima apresentados verifica-se o cumprimento dos limites e do objetivo a longo prazo para o poluente ozono, tendo em vista a proteção da saúde humana.

9.3.4.2. Proteção da vegetação e ecossistemas naturais

Para a proteção da vegetação e dos ecossistemas utiliza-se o denominado «AOT40» expresso em (µg/m^3)·horas, que designa a soma da diferença entre as concentrações horárias superiores a 80 µg/m^3 (40 partes por bilião) e o valor 80 µg/m^3 num determinado período, utilizando apenas os valores horários medidos diariamente entre as 8 e as 20 horas, tempo da Europa Central (TEC).



Graf. 21– O_3: valor alvo e objetivo a longo prazo para proteção da vegetação e ecossistemas

Quadro 19 – O_3: AOT40

AOT40 ((µg/m^3).h)			
São Gonçalo	Santana	Valor Alvo	Obj. Longo Prazo
1212,5	4392,9	18000	6000

Do gráfico e quadro supra verifica-se o cumprimento do valor alvo e objetivo a longo prazo para o AOT40, indicador para a proteção da vegetação e ecossistemas naturais.

9.4. Partículas em suspensão (PM_{10} / $PM_{2,5}$)

9.4.1. Partículas PM_{10}

O quadro infra apresenta os limites e limiares de avaliação para o poluente PM_{10} tendo em vista a proteção da saúde humana.

Quadro 20 – PM_{10}: proteção da saúde humana

	PM_{10} - Proteção da saúde humana		
	Valor limite (ug/m^3)	LSA H (ug/m^3)	LIA - H (ug/m^3)
1 dia	50 (*)	70 % do valor limite (i)	50 % do valor limite (ii)
Ano civil	40	70 % do valor limite (iii)	50 % do valor limite (iv)

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

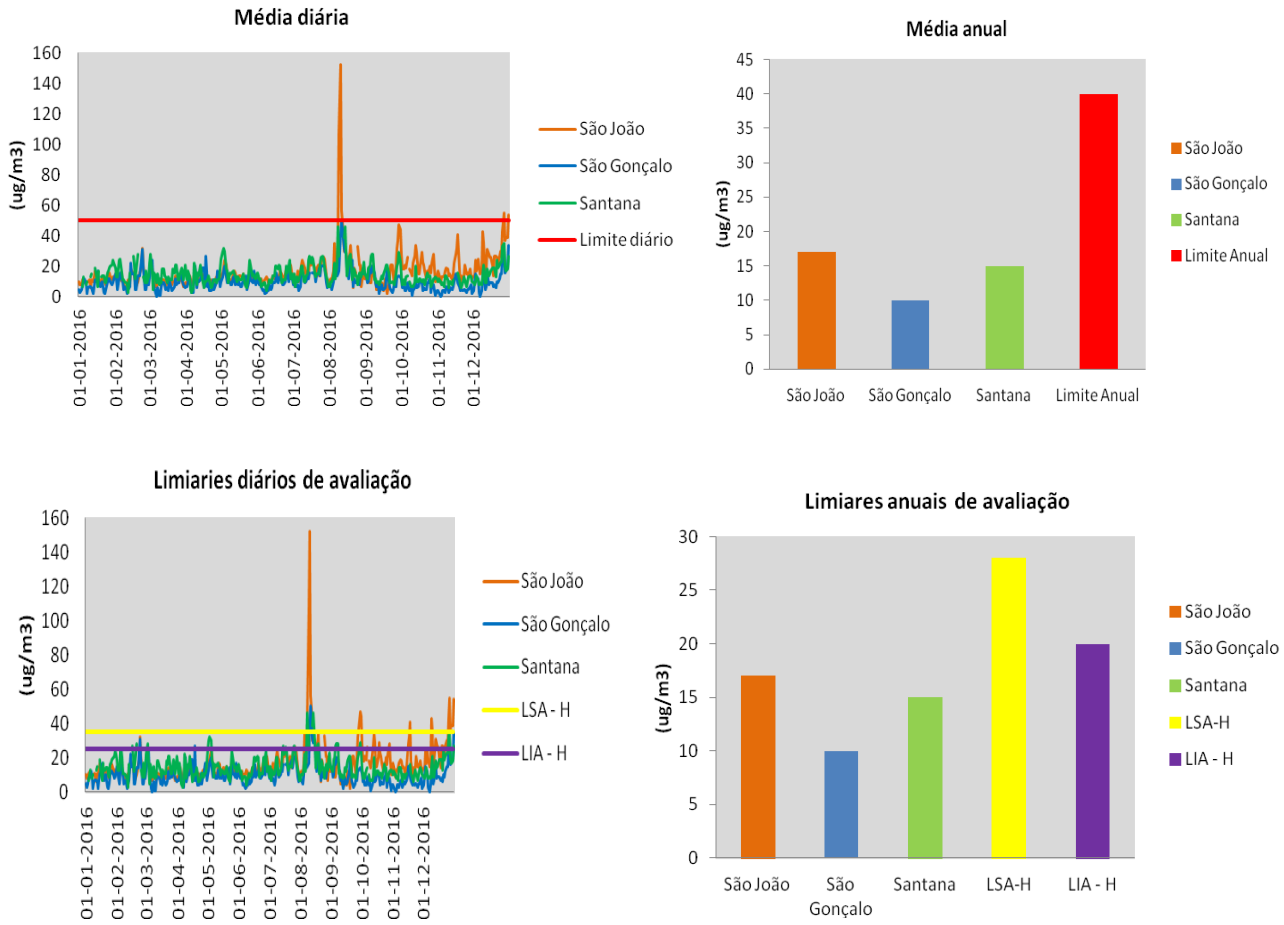
(i) 70 % do valor limite (35 µg/m^3), a não exceder mais de 35 vezes em cada ano civil.

(ii) 50 % do valor limite (25 µg/m^3), a não exceder mais de 35 vezes em cada ano civil.

(iii) 70 % do valor limite (28 µg/m^3).

(iv) 50 % do valor limite (20 µg/m^3)

9.4.1.1. Proteção da saúde humana



Grafs. 22 a 25– PM_{10}: limites diário e anual e limiares de avaliação para proteção da saúde humana

Quadro 21 – PM_{10}: proteção da saúde humana

				PM10 - Proteção da saúde humana		
Período de referência	São João (ug/m³)	São Gonçalo (ug/m³)	Santana (ug/m³)	Limite Anual (ug/m³)	LSA-H (ug/m³)	LIA - H (ug/m³)
Ano Civil	17	10	15	40	28	20

Quadro 22 – PM_{10}: proteção da saúde humana

	PM_{10}- número de violações diárias			
Fatores	São João	São Gonçalo	Santana	Limite
Naturais	5	0	0	35
Antropogénicos	0	0	0	
Total	0	0	0	

Ao analisar-se os gráficos e quadros supra verifica-se o cumprimento dos limites dispostos na legislação para o poluente PM_{10} e relativo à proteção da saúde humana. De salientar que, de acordo com o diploma, caso as excedências sejam unicamente imputáveis a fontes naturais, essa excedência não é considerada para efeitos de cumprimento dos valores limite fixados no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março.

Atendendo à ocorrência de eventos naturais nos dias 10 e 11 de agosto e nos dias 27 a 31 de dezembro do ano 2016 (modelos em anexo) e aos fogos florestais (considerados um fator natural, em conformidade com o diploma supra) ocorridos no mês de agosto do ano 2016, conclui-se que as excedências verificadas na estação de São João não são consideradas para efeitos de cumprimento de valores limite.

9.4.2. Partículas $PM_{2,5}$

O quadro infra apresenta os limites e limiares de avaliação para o poluente $PM_{2,5}$ tendo em vista a proteção da saúde humana.

Quadro 23 – $PM_{2,5}$: proteção da saúde humana

	$PM_{2,5}$- Proteção da saúde humana			
Período de referência	Valor limite (ug/m^3)	Obj. Longo prazo (*) (ug/m^3)	LSA - H (ug/m^3)	LIA - H (ug/m^3)
Ano civil	25	20	70 % do valor limite (i)	50 % do valor limite (ii)

Nota: (*) ano civil 2020.

(i) 70 % do valor limite (17 $\mu g/m^3$).

(ii) 50 % do valor limite (12 $\mu g/m^3$).

O principal objetivo das medições de $PM_{2,5}$ consiste em assegurar a disponibilização de informação adequada sobre os níveis de poluição de fundo. Esta informação é essencial para analisar o aumento dos níveis em zonas mais poluídas, avaliar a possível contribuição do transporte de poluentes atmosféricos a longa distância, fundamentar a análise da distribuição das fontes e compreender poluentes específicos como as partículas em suspensão.

Assim, as medições devem ser realizadas, especialmente em áreas rurais de fundo, em conformidade com as partes A, B e C do anexo IV do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março.

Quando adequado, a monitorização supra referida pode ser coordenada com a estratégia de vigilância e com o programa de medição do Programa Comum de Vigilância Contínua e Avaliação do Transporte a Longa Distância dos Poluentes Atmosféricos (EMEP).

Indicador da exposição média

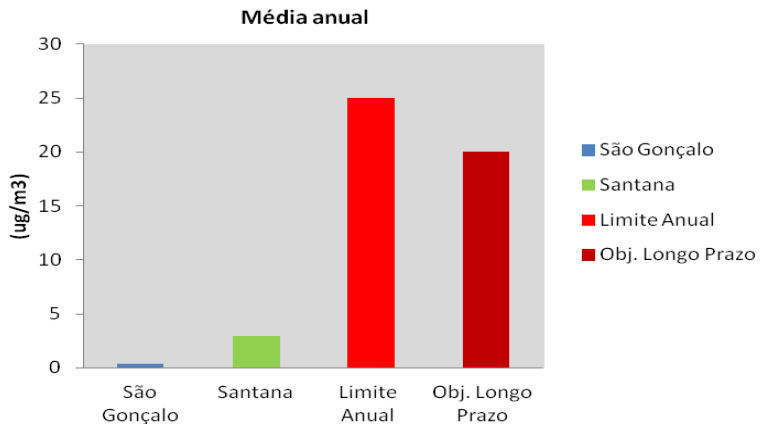
O indicador da exposição média (IEM) deve basear-se em medições em localizações urbanas de fundo em zonas e aglomerações de todo o território nacional. O indicador deve ser avaliado anualmente como uma concentração média deslizante trianual de todos os pontos de amostragem estabelecidos nos termos da parte B do anexo VI do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março.

O IEM para o ano de 2020 corresponde à concentração média de três anos civis consecutivos, determinada em relação a todos os pontos de amostragem, para os anos de 2018, 2019 e 2020. O IEM é utilizado para verificar se o limite de concentração para a exposição humana e o objetivo nacional de redução da exposição foram cumpridos.

Quadro 24 – $PM_{2,5}$: IEM

IEM - objetivo de redução		
Concentrações iniciais (ug/m^3)	Objetivo de redução (%)	Ano Alvo
< = 8,5	0	2020
> 8,5 e < 13	10	
=13 e < 18	12	
= 18 < 22	20	
≥ 22	Todas as medidas para alcançar os 18 ug/m^3	

9.4.2.1. Proteção da saúde humana



Graf. 26 – $PM_{2,5}$: limite anual e objetivos a longo prazo para proteção da saúde humana

Quadro 25 - $PM_{2,5}$: Objetivo de redução

	IEM - objetivo de redução	
	Concentrações iniciais (ug/m^3)	Objetivo de redução (%)
São Gonçalo	0,4	0
Santana	2,9	0

Do gráfico e quadro supra verifica-se, em relação ao poluente $PM_{2,5}$, o cumprimento do limite anual e do objetivo a longo prazo para a proteção da saúde humana.

É ainda de salientar que, atendendo às concentrações atuais deste poluente, a percentagem de redução para o mesmo é de 0%.

10. Índice de Qualidade do Ar para a proteção da saúde humana

O índice de qualidade do ar para a proteção da saúde humana é calculado a partir de valores médios de concentração dos seguintes poluentes:

- Dióxido de azoto (NO_2) – médias horárias
- Dióxido de enxofre (SO_2) – médias horárias
- Ozono (O_3) – médias de 8 horas consecutivas
- Monóxido de carbono (CO) – médias de 8 horas consecutivas
- Partículas inaláveis (PM_{10}) – média diária

No quadro seguinte apresenta-se a classificação do Índice de Qualidade do Ar (IQar) para o ano 2016.

Quadro 26 – Classificação do Índice de Qualidade do Ar para 2016.

Poluente	CO		NO_2		O_3		PM_{10}		SO_2	
Classificação	**Min**	**Máx**	**Min**	**Máx**	**Min**	**Máx**	**Min**	**Máx**	**Min**	**Máx**
Mau	10000	-----	400	-----	240	-----	120	-----	500	-----
Fraco	8500	9999	210	399	180	239	50	119	350	499
Médio	7000	8499	140	209	120	179	35	49	210	349
Bom	5000	6999	100	139	60	119	20	34	140	209
Muito Bom	0	4999	0	99	0	59	0	19	0	139

Nota: Todos os valores indicados estão em µg/m^3.

Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA)

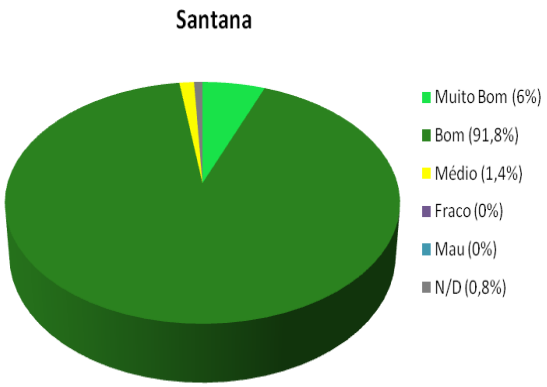
10.1. Índice de Qualidade do Ar para os Poluentes

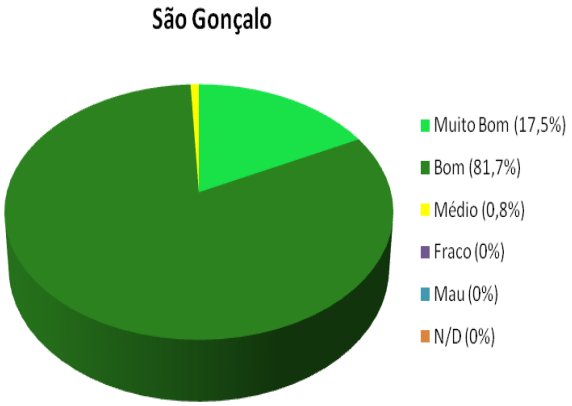
Quadro 27 – Índice por poluente por estação (%)

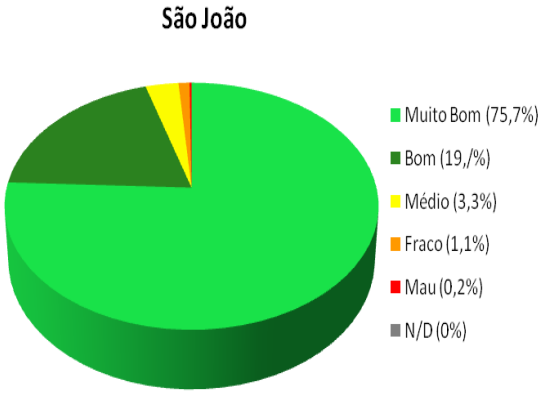
	Índice por poluente (%)								
	CO	SO_2	NO_2		O_3		PM_{10}		
	São João	São Gonçalo	São João	Santana	São Gonçalo	Santana	Santana	São Gonçalo	São João
Muito Bom	100	100	97,3	98,9	18,3	6,8	76,2	93,8	75,7
Bom	-	-	2,7	-	81,4	91,8	16,7	4,6	18,3
Médio	-	-	-	-	0,3	0,3	1,1	0,8	3,3
Fraco	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1
Mau	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
N/D	-	-	-	1,1	-	1,1	6	0,8	1,4

10.2. Índice Global de Qualidade do Ar por Estação

Nos gráficos e quadro infra apresenta-se o índice global de qualidade do ar para a saúde humana por estação, determinado pelas médias ponderadas dos poluentes analisados por estação.







Grafs 27, 28 e 29 – Índice de qualidade do ar para a proteção da saúde humana

Quadro 28 – Índice Global por estação (%)

	Índice Global (%)		
	Santana	**São Gonçalo**	**São João**
Muito Bom	6	17,5	75,7
Bom	91,8	81,7	19,7
Médio	1,4	0,8	3,3
Fraco	-	-	1,1
Mau	-	-	0,2
N/D	0,8	-	-

Dos gráficos e quadro supra verifica-se que em todas as estações o índice de qualidade do ar para a saúde humana é, em todas as estações, superior a 95% com avaliação qualitativa Muito Bom/Bom.

Verifica-se ainda que na estação de São João, o poluente determinante para o índice de qualidade do ar é o poluente PM10 enquanto que, nas estações de fundo, no caso em apreço, as estações de São Gonçalo e Santana, o poluente determinante para o índice de qualidade do ar é o poluente ozono.

11. Organização Mundial da Saúde (OMS)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define recomendações para as concentrações dos vários poluentes tendo em vista a proteção da saúde humana.

No quadro infra apresentam-se os limites definidos pela União Europeia e pela OMS bem como a percentagem de população exposta a concentrações superiores nas zonas urbanas da União Europeia, em conformidade com o Relatório elaborado pela Agência Europeia do Ambiente (AEA) intitulado "Qualidade do Ar na Europa – Report 2016".

Quadro 29 – Limites da Qualidade do Ar: União Europeia/OMS.

		União Europeia	População exposta	OMS	População exposta	Aglomeração Funchal	
						São João	S. Gonçalo
Poluente	**Limite**	**(ug/m³)**	**(%)**	**(ug/m³)**	**(%)**	**(ug/m³)**	**(ug/m³)**
$PM_{2,5}$	Diário			25	85 a 91		4
	Anual	25	8 a 12	10	85 a 91		0,4
PM_{10}	Anual	40	16 a 21	20	50 a 63	17	10
O_3	Octo-horário	120	8 a 17	100	96 a 98		98
NO_2	Anual	40	7 a 9	40	7 a 9	32,8	
SO_2	Diário	125	<1	20	35 a 49		8,8

Analisados os resultados verifica-se que na Aglomeração Funchal são cumpridos os limites definidos, quer pela União Europeia quer pela OMS.

12. Discussão dos resultados

O presente relatório visou avaliar e caracterizar a qualidade do ar na Região Autónoma da Madeira em 2016, tendo em vista a proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas naturais.

Todos os dados utilizados foram recolhidos através de medições em contínuo efetuadas pelos analisadores existentes nas três estações que fazem parte da RMQAR. O tratamento e a análise de dados foram efetuados de acordo com os parâmetros definidos na legislação em vigor.

Da análise dos dados verifica-se, no ano 2016:
- uma elevada eficiência na monitorização de todos os parâmetros;
- o cumprimento dos limites horários, octo-horários, diários e anuais definidos para os poluentes tendo em vista a proteção da saúde humana;
- o cumprimento dos níveis críticos, definidos para a proteção da vegetação e ecossistemas naturais;
- o cumprimento dos valor alvo e objetivos a longo prazo tendo em vista a proteção da saúde humana e da vegetação e ecossistemas naturais;
- em todas as estações o índice de qualidade do ar para a saúde humana superior a 95% de dados com avaliação qualitativa Muito Bom/Bom.

13. Conclusões

Possuindo a Região Autónoma da Madeira um histórico considerável de dados de qualidade do ar, é possível identificar com significativo rigor os principais desafios que a mesma enfrenta neste domínio, assim como realçar os pontos fortes e medidas a implementar.

Para o ano de 2016 nota-se uma melhoria gradual das concentrações dos poluentes, cumprindo para todas as estações e poluentes os requisitos legais de qualidade do ar, sendo todavia importante diminuir essas mesmas concentrações ou mantê-las ao longo de anos posteriores, atendendo sempre aos valores-alvo e objetivos a longo prazo.

Em todas as estações foi respeitado o estipulado na legislação, tendo as concentrações mais elevadas sido atingidas no mês de agosto atendendo aos fogos ocorridos na RAM e justificados como eventos naturais.

No índice de qualidade do ar verificou-se uma predominância do poluente partículas na estação urbana de tráfego de São João, sendo que o ozono (poluente secundário) é o poluente predominante nas estações de fundo, no caso em apreço, a estação de São Gonçalo e de Santana.

Para o futuro, a qualidade do ar está sujeita a novos desafios com a introdução de analisadores que respeitem as novas normas EN 2012, o que permitirá a determinação das incertezas anuais das medições.

De salientar ainda que a qualidade do ar, como parâmetro ambiental, é cada vez mais tida em conta em destinos de passagem de férias nomeadamente no mercado asiático pelo que, a divulgação da mesma poderá contribuir ainda mais para um aumento de procura da RAM como destino final turístico.

Anexo: Eventos Naturais