

# **Contribuição de Fatores Meteorológicos e da Qualidade do Ar para a Admissão Hospitalar de Pacientes com Doenças Respiratórias: estudo de caso do Faial (Açores).**

Dissertação de Mestrado

Daniela Maria Viveiros Martins

Mestrado em

**Ambiente, Saúde e Segurança**



Ponta Delgada  
2022

**UNIVERSIDADE DOS AÇORES**  
**Faculdade de Ciências e Tecnologia**

Rua da Mãe de Deus  
9500-321 Ponta Delgada  
Açores, Portugal



DM

# Contribuição de Fatores Meteorológicos e da Qualidade do Ar para a Admissão Hospitalar de Pacientes com Doenças Respiratórias: estudo de caso do Faial (Açores).

Daniela Maria Viveiros Martins

# **Contribuição de Fatores Meteorológicos e da Qualidade do Ar para a Admissão Hospitalar de Pacientes com Doenças Respiratórias: estudo de caso do Faial (Açores).**

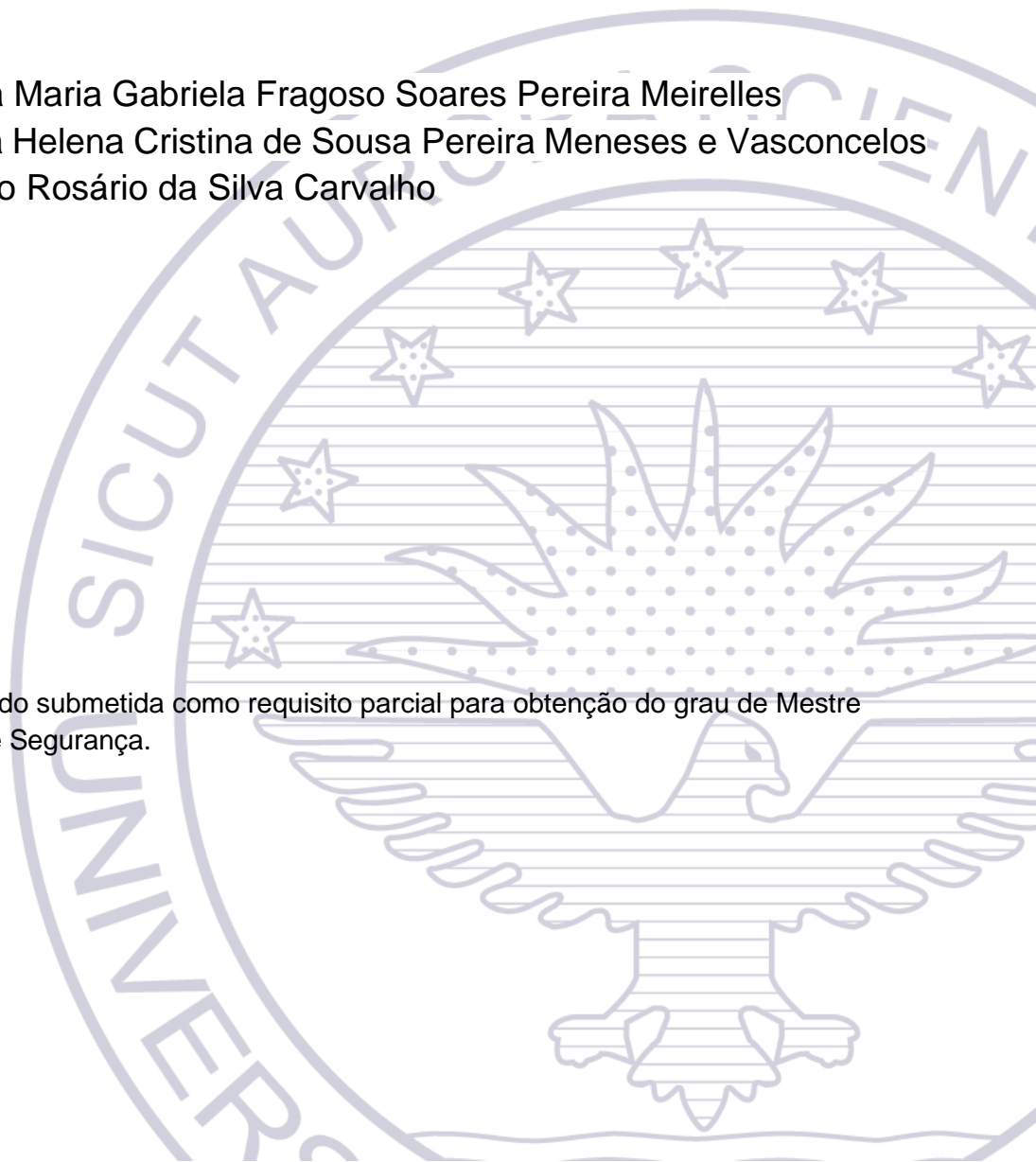
Dissertação de Mestrado

Daniela Maria Viveiros Martins

## **Orientadores**

Professora Doutora Maria Gabriela Fragoso Soares Pereira Meirelles  
Professora Doutora Helena Cristina de Sousa Pereira Meneses e Vasconcelos  
Mestre Fernanda do Rosário da Silva Carvalho

Dissertação de Mestrado submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ambiente, Saúde e Segurança.



## Índice Geral

Índice de tabelas .....	2
Índice de figuras.....	3-7
Lista de siglas/abreviaturas.....	8
Resumo .....	9
Abstract.....	10
Agradecimentos .....	11
1. Introdução	
A - Mudanças climáticas no contexto dos Açores.....	12-14
B - Influência das variáveis atmosféricas nas doenças respiratórias.....	15
C - Doenças respiratórias no contexto do Faial .....	16-19
D – Motivação .....	20
2. Dados e metodologia	
A - Área de estudo.....	21-22
B – Dados .....	23
C – Método.....	23
3. Resultados	
A - Apuramentos anuais.....	24-35
B - Apuramentos mensais .....	36-43
C - Apuramentos semanais .....	44-48
4. Conclusões	
A - Conclusões .....	49-50
B - Discussão.....	51-52
C - Propostas para futuro .....	52
Referências Bibliográficas .....	53-56

## **Índice de tabelas**

Quadro I. Número Total de Óbitos, por Causas de Morte na Região Autónoma dos Açores no período 2013 a 2017.....	16-17
Quadro II. Causas de Morte por Doenças do Aparelho Respiratório por grupo etário na Região Autónoma dos Açores no período 2013 a 2017 .....	17-18
Quadro II (continuação). Causas de Morte por Doenças do Aparelho Respiratório por grupo etário na Região Autónoma dos Açores no período 2013 a 2017 .....	17-19

## Índice de figuras

Figura 1. Fração molar de CO<sub>2</sub> atmosférico estimado para a latitude de Angra do Heroísmo (38.5°N) (topo, esquerdo); intensificação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte na região dos Açores na região dos Açores (~1.2 hPa) e, especialmente a norte do arquipélago (~1.6 hPa) (topo, direito); variação prevista (SSP5 8.5) da temperatura média do ar à superfície (K) para o final do século XXI (base, esquerdo); variação prevista da precipitação (SSP5 8.5) média anual para o final do século XXI (2071-2100) relativamente ao período de referência (1961-1990) (base, direito) (Carvalho *et al.* 2021 e Meirelles *et al.*, 2022).....14

Figura 2: Localização atlântica dos Açores (inferior esquerda) e do Faial (inferior direita). Pormenor da ilha do Faial mostrando as localizações do Hospital da Horta (Hospital), Observatório Meteorológico Príncipe Alberto do Mónaco (Weather station) e estação da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar dos Espalhafatos (Air Quality station) .....22

Figura 3. Caixas de bigodes do número diário de admissões (hospitalizações: visitas às urgência e internamentos) com doenças respiratórias (RDH) registados no Hospital da Horta (HA) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019. Total de admissões (esquerda); grupo etário < 5 anos (centro); grupo etário > 60 anos (direita).....25

Figura 4. Caixas de bigodes do número diário de admissões com asma (ASTHMA) registadas no Hospital da Horta (HA) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019. Total de admissões (esquerda); grupo etário < 5 anos (centro); grupo etário > 60 anos (direita) .....25

Figura 5. Caixas de bigodes do número diário de admissões com pneumonia (PNEUMONIA) registadas no Hospital da Horta (HA) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019. Total de admissões (esquerda); grupo etário < 5 anos (centro); grupo etário > 60 anos (direita) 25

Figura 6. Caixas de bigodes do número diário de admissões com rinite (RHINITIS) registadas no Hospital da Horta (HA) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019. Total de admissões (esquerda); grupo etário < 5 anos (centro); grupo etário > 60 anos (direita).....	26
Figura 7. Caixas de bigodes das temperaturas mínimas (esquerda) e máximas (direita) diárias observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019 .....	27
Figura 8. Caixas de bigodes dos valores médios diários do ponto de orvalho (esquerda) e da amplitude térmica diária (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019 .....	27
Figura 9. Caixas de bigodes dos totais diários de precipitação (esquerda) e da velocidade média do vento (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019 .....	28
Figura 10. Caixas de bigodes das concentrações médias diárias de NO <sub>2</sub> (esquerda) e de SO <sub>2</sub> (direita) observadas na estação da qualidade do ar dos Espalhafatos (Faial) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019 .....	29
Figura 11. Caixas de bigodes das concentrações médias diárias de O <sub>3</sub> (esquerda) e de PM <sub>10</sub> (direita) observadas na estação da qualidade do ar dos Espalhafatos (Faial) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019 .....	29
Figura 12. Séries normalizadas do número médio anual de admissões com doenças respiratórias (esquerda) e com asma (direita) no Hospital da Horta, para o período de 2008 a 2019 .....	30
Figura 13. Séries normalizadas do número médio anual de internamentos com pneumonia (esquerda) e com rinite (direita) no Hospital da Horta, para o período de 2008 a 2019 .....	30

Figura 14. Séries normalizadas das médias anuais das temperaturas média (Tm), máxima (Tmx) e mínima (Tmn) diárias (esquerda) e amplitude térmica diária (Tha) (direita) observadas na estação do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta), para o período de 2008 a 2019..	31
Figura 15. Séries normalizadas das médias anuais dos totais diários de precipitação (Rain), médias diárias da humidade relativa (Hr) e do ponto de orvalho (Td) (esquerda), bem como da amplitude térmica diária (Tha) e velocidade média do vento (Ws) (direita) observadas na estação do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta), para o período de 2008 a 2019.....	31
Figura 16. Séries normalizadas das médias anuais das concentrações de dióxido de azoto (NO <sub>2</sub> ), dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) (esquerda), partículas em suspensão (PM <sub>10</sub> ) e ozono (O <sub>3</sub> ) (direita), observadas na estação da qualidade do ar dos Espalhafatos (Faial), para o período de 2008 a 2019 .....	32
Figura 17. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais para o conjunto de variáveis meteorológicas e para as patologias em estudo, para os anos de 2008 a 2019 .....	33
Figura 18. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais para o conjunto de variáveis da qualidade do ar e para as patologias em estudo, para os anos de 2008 a 2019 .....	34
Figura 19. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais para o conjunto de variáveis em estudo, para os anos de 2008 a 2019 .....	35
Figura 20. Caixas de bigodes das admissões relativas a RDH (esquerda) e ASTHMA (direita) registadas no HA para cada um dos anos do período de 2008 a 2019 .....	36
Figura 21. Caixas de bigodes das admissões relativas a PNEUMONIA (esquerda) e RHINITIS (direita) registadas no HA para cada um dos anos do período de 2008 a 2019 .....	37

Figura 22. Caixas de bigodes relativas às variáveis meteorológicas temperaturas diárias mínimas (esquerda) e máximas (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019 .....38

Figura 23. Caixas de bigodes relativas às variáveis meteorológicas, amplitude térmica diária (esquerda) e velocidade do vento (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019 .....38

Figura 24. Caixas de bigodes relativas às variáveis meteorológicas temperatura do ponto de orvalho (esquerda) e humidade do ar (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019.....39

Figura 25. Caixas de bigodes relativas às variáveis meteorológicas precipitação (esquerda) e pressão atmosférica ao nível médio do mar (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019..... 39

Figura 26. Caixas de bigodes relativas às variáveis da qualidade do ar NO<sub>2</sub> (esquerda) e SO<sub>2</sub> (direita) observadas na estação dos Espalhafatos (Faial) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019 .....40

Figura 27. Caixas de bigodes relativas às variáveis da qualidade do ar O<sub>3</sub> (esquerda) e PM<sub>10</sub> (direita) observadas na estação dos Espalhafatos (Faial) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019 .....41

Figura 28. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais (PCA) para o conjunto de casos de Asthma, Rhinitis and Pneumonia, bem como para as médias mensais da pressão atmosférica ao nível médio do mar (Pnmm), temperaturas máximas (Tmx), mínima (Tmn) e media (Tam) diárias, amplitude térmica (Tmx-Tmn), ponto de orvalho (DP), humidade

relativa (HR) e velocidade do vento (FF) média precipitação total (RR). Os pontos coloridos correspondem aos doze meses do ano (jan=1, fev= 2,..., dez=12) .....	42
Figura 29. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais (PCA) para o conjunto de casos mensais de Asthma, Rhinitis and Pneumonia, bem como para as médias mensais NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> e PM <sub>10</sub> . Os pontos coloridos correspondem aos doze meses do ano (jan=1, fev= 2,..., dez=12) .....	43
Figura 30. Média semanal de hospitalizações para os casos de asma (Asthma) e intervalos de percentis semanais para a amplitude térmica (Faial, 2009-2019).....	44
Figura 31. Média semanal de hospitalizações para os casos de asma (Asthma) e intervalos de percentis semanais para a temperatura mínima diária (Faial, 2009-2019) .....	45
Figura 32. Média semanal de hospitalizações para os casos de asma (Asthma) e intervalos de percentis semanais para a velocidade do vento diária (Faial, 2009-2019).....	45
Figura 33. Média semanal de hospitalizações para os casos de pneumonia (Pneumonia) e intervalos de percentis semanais para a temperatura do ponto de orvalho média diária (Faial, 2009-2019).....	46
Figura 34. Média semanal de hospitalizações para os casos de rinite (Rhinitis) e intervalos de percentis semanais para a temperatura mínima diária (Faial, 2009-2019).....	47

## Lista de siglas e abreviaturas

AR5	Fifth Assessment Report
FF	Velocidade do vento
HR	Humidade relativa
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
NO <sub>2</sub>	Dióxido de azoto
O <sub>3</sub>	Ozono (à superfície)
PCA	Principal Component Analysis
PM10	Partículas em suspensão de diâmetro aéreo 10 µm
Pnmm	Pressão ao nível médio do mar
RDH	Respiratory Diseases Hospitalizations)
RR	Total de precipitação
SO <sub>2</sub>	Dióxido e enxofre
SSP	Shared Socioeconomic Pathways
Tam	Temperatura média o ar
TD	Temperatura do ponto de orvalho
Tmn	Temperatura mínima do ar
Tmx	Temperatura máxima do ar
Tha	Amplitude térmica do ar

## Resumo

É frequentemente aceite que os fatores climáticos e de qualidade do ar contribuem para o desenvolvimento e exacerbação de doenças respiratórias. Este trabalho, no âmbito de estudos anteriores, é assumido no contexto insular dos Açores.

A informação de base (epidemiológica, meteorológica, qualidade do ar) utilizada neste trabalho corresponde aos dados diários de 2008 a 2019 e fornecidos pelo Serviço de Estatística do Hospital da Horta, Observatório Meteorológico Príncipe Alberto de Mónaco, e Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da Região Autónoma dos Açores.

Para a análise da influência das condições atmosféricas nas doenças respiratórias, foram preparadas séries temporais de caixas de bigodes e variáveis normalizadas, bem como a análise de componentes principais para as escalas mensais e anuais. Foram também preparadas séries temporais de percentis semanais para as várias variáveis em estudo.

As conclusões do estudo prático mostram uma relação interessante entre os padrões de hospitalização e a sazonalidade de alguns fatores meteorológicos específicos, tais como temperatura, ponto de orvalho ou vento. Além disso, mostra-se também que a qualidade do ar (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e PM10) pode contribuir para um maior número de indivíduos com as doenças em estudo.

A contribuição deste estudo realizado para o período dos anos mais recentes já inserido no atual cenário de alterações climáticas (Carvalho *et al.*, 2021; Meirelles *et al.*, 2022) aplica-se nas áreas da saúde (medicina e gestão hospitalar) e das mudanças climáticas (benefícios na adaptação ao impacto do aquecimento global na saúde e conforto humano).

**Palavras-chave:** Asma, pneumonia, rinite, hospital, meteorologia, qualidade do ar e Açores.

## **Abstract**

It is frequently accepted that weather and air quality factors contribute to the development and exacerbation of respiratory diseases. This work within the scope of earlier studies, is assumed in the insular context of the Azores.

The base information (epidemiological, meteorological, air quality) used in this work corresponds to daily data from 2008 to 2019 and provided by the Statistics Service of the Hospital da Horta, Meteorological Observatory Príncipe Alberto de Monaco, and Air Quality Monitoring Network of the Autonomous Region of the Azores.

For the analysis of the influence of atmospheric conditions on respiratory diseases, time series of whiskers boxes and normalized variables were prepared, as well as the analysis of principal components for the monthly and annual scales. Time series of weekly percentiles were also prepared for the various variables under study.

The practical study's conclusions show an interesting relationship between hospitalization patterns and seasonality of some specific weather factors such as temperature, dew point or wind. Also, the air quality (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and PM10) may contribute to a greater number of individuals with pathologies in study.

The contribution of this study conducted for the period of the most recent years already inserted in the current climate change scenario (Carvalho *et al.*, 2021; Meirelles *et al.*, 2022) applies in the areas of health (medicine and hospital management) and climate change (benefits of adaptation to the impact of global warming on health and human comfort).

**Keywords:** Asthma, pneumonia, rhinitis, hospital, weather, air quality and Azores.

## **Agradecimentos**

Consegui chegar ao fim dessa etapa na minha vida graças ao apoio de diversas pessoas, nas quais saliento:

As minhas orientadoras, Doutora Maria Gabriela Fragoso Soares Pereira Meirelles, a Doutora Helena Cristina de Sousa Pereira Meneses e Vasconcelos e em especial a Doutora Fernanda do Rosário da Silva Carvalho que me ajudou muito e estava sempre disponível para me esclarecer as minhas dúvidas quer por mensagens ou emails.

A minha família que me motivou a continuar e nunca desistir, com um especial agradecimento à minha mãe que foi sempre o meu ombro direito nas horas difíceis.

## 1. INTRODUÇÃO

### A - Mudanças climáticas no contexto dos Açores

Desde o Quinto Relatório de Avaliação (Fifth Assessment Report, AR5) do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), tem sido evidenciado que a mudança climática afeta presentemente a meteorologia e os extremos climáticos em todas as regiões do globo, e de que são exemplos o aumento de ondas de calor, precipitações fortes e aumento dos períodos de seca (SYR, 2021).

A temperatura global da atmosfera continuará a aumentar até meados do século XXI em todos os cenários de emissões considerados. Assim, espera-se que o aquecimento global de 1,5°C e 2°C seja excedido durante o século XXI, a menos que reduções profundas das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e outros gases de efeito estufa ocorram nas próximas décadas (SYR, 2021).

Os efeitos do aquecimento global na evolução e distribuição da precipitação não são evidentes. Uma atmosfera mais quente é capaz de reter mais vapor de água de acordo com a lei de Clausius-Clapeyron (Carvalho *et al.*, 2021; Meirelles *et al.*, 2022). Sendo esperado um aumento da evaporação e, conseqüentemente, da quantidade de vapor de água na atmosfera, contudo não está claro que tal se traduza num aumento de precipitação. Os processos de evaporação e precipitação são muito complexos e os modelos mais avançados recorrem ainda a parametrizações ou representações grosseiras para resolver estes mecanismos na atmosfera (Carvalho *et al.*, 2021; Meirelles *et al.*, 2022).

Figura 1, as séries dos valores da fração molar de CO<sub>2</sub> atmosférico estimada para a latitude de Angra do Heroísmo (Terceira – Açores), estão de acordo com as simulações históricas (até 2014) e as projeções até 2100 para os cenários SSP2 4.5 e SSP5 8.5 (Shared Socioeconomic Pathways), seguem trajetórias quase idênticas até cerca de 2030, divergindo depois quase exponencialmente. Enquanto no cenário SPP2 4.5 a abundância de CO<sub>2</sub> tende para um valor de cerca de 600 ppm(v), no cenário SSP5 8.5 aumenta exponencialmente (Meirelles *et al.*, 2022). Para se entender a implicação imediata deste facto, teremos de conhecer como se processa a transferência de energia na atmosfera, isto é, considerar o Balanço Radiativo da Terra. E este diz-nos que 25 a 30% da energia solar absorvida pela atmosfera contribui para o aquecimento

das camadas mais altas da atmosfera (estratosfera) enquanto 70 a 85% da radiação terrestre é absorvida pela atmosfera, contribuindo para o aquecimento das camadas mais baixas da atmosfera (troposfera) (Peixoto & Oort, 1992). Quando comparada com a radiação longo comprimento de onda (infravermelho), a radiação de curto comprimento de onda é pouco relevante para o aquecimento da troposfera. Nestas condições, a temperatura do ar junto da superfície é sobretudo resultado da emissão de radiação infravermelha da superfície e dos gases com efeito de estufa.

Aumentando a concentração de CO<sub>2</sub> e outros gases com contribuição positiva no efeito de estufa atmosférico, perturba-se o balanço inicial, e que se irá repercutir nos processos de autorregulação interna e instabilidade com consequências variadas, como por exemplo, no ciclo hidrológico. Assim, poderemos pensar no aquecimento global como a principal evidência da alteração climática resultante do aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera, e o aumento da temperatura do ar tem por sua vez impactos diretos nos restantes subsistemas do sistema climático (Carvalho *et al.*, 2021; Meirelles *et al.*, 2022).

A anomalia da temperatura média anual do ar à superfície na região dos Açores e no período simulada 1850-2014 apresenta uma tendência positiva de 0,02 K/década.

As médias das previsões de vários modelos apontam para um aumento da temperatura média anual nesta região entre 2 e 4 K até o ano 2100, com referência ao período de 1961 a 1990 (Meirelles *et al.*, 2022). Outro aspeto importante é a variação prevista do número anual de noites tropicais para o final do século XXI (2071-2100) relativamente ao período de 1961-1990, de acordo com o cenário mais pessimista SSP5 8.5 (Shared Socioeconomic Pathways) a partir do qual se estima um aumento médio de 80 a 100 noites para o Grupo Ocidental e de 100 a 120 para os grupos Central e Oriental (Carvalho *et al.* 2021 e Meirelles *et al.*, 2022).

Em relação à precipitação, os efeitos do aquecimento global na evolução e distribuição da precipitação não são evidentes (Carvalho *et al.* 2021 e Meirelles *et al.*, 2022). Observa-se uma diminuição que se acentua de noroeste para sueste na região considerada, afetando especialmente as ilhas do grupo oriental (Carvalho *et al.* 2021 e Meirelles *et al.*, 2022).

A intensificação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte na região dos Açores (~1.2 hPa) e, especialmente a norte do arquipélago (~1.6 hPa), corresponde a uma reconfiguração de sistemas de escala sinótica que é consistente com os aspetos mais significativos decorrentes da atual MC. A diminuição da velocidade do vento nesta região do Atlântico, bem como o aumento da radiação solar à superfície decorrentes da expansão do anticiclone subtropical para latitudes

mais setentrionais, afastando para norte a Corrente de Jato e consequentemente a Frente Polar, poderá constituir um sinal claro de larga escala relativamente à alteração do padrão de nebulosidade nesta região, sendo também consistente com a diminuição de precipitação projetada para o final do século no cenário SSP5 8.5 (Carvalho *et al.* 2021 e Meirelles *et al.*, 2022).

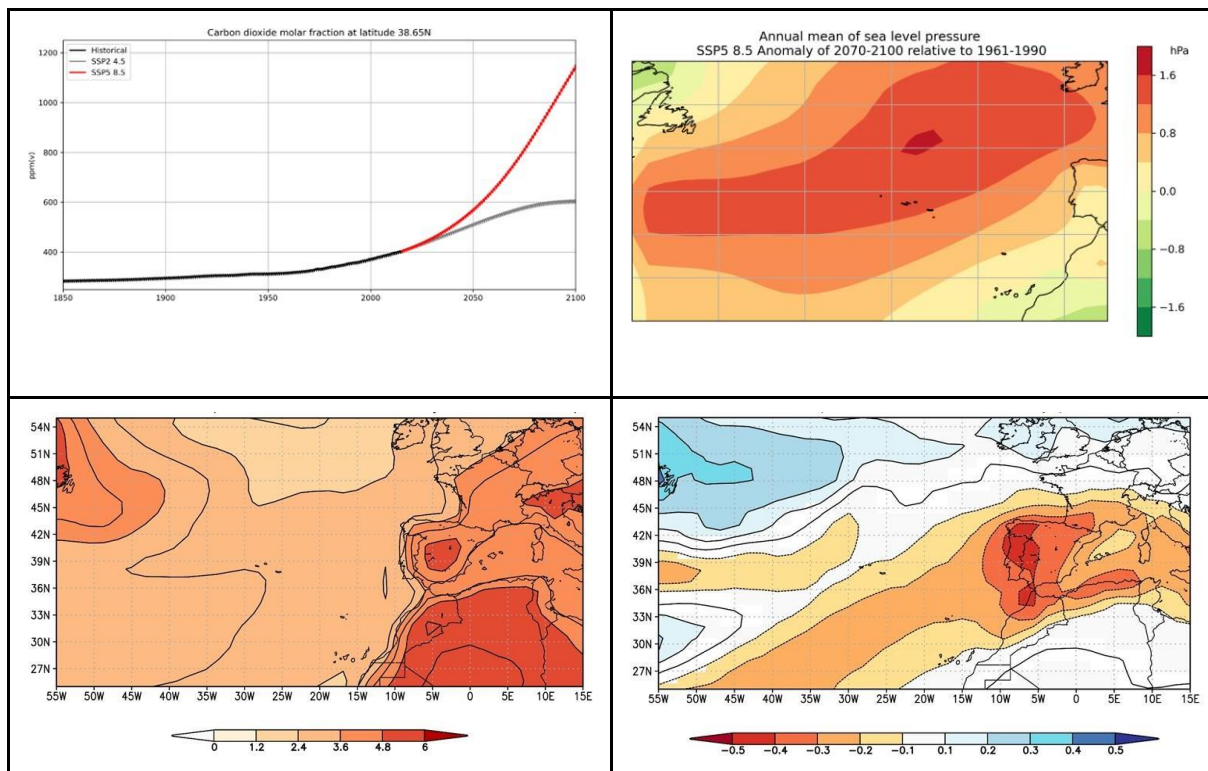


Figura 1: Fração molar de CO<sub>2</sub> atmosférico estimado para a latitude de Angra do Heroísmo (38.5°N) (topo, esquerdo); intensificação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte na região dos Açores (~1.2 hPa) e, especialmente a norte do arquipélago (~1.6 hPa) (topo, direito); variação prevista (SSP5 8.5) da temperatura média do ar à superfície (K) para o final do século XXI (base, esquerdo); variação prevista da precipitação (SSP5 8.5) média anual para o final do século XXI (2071-2100) relativamente ao período de referência (1961-1990) (base, direito) (Carvalho *et al.* 2021 e Meirelles *et al.*, 2022).

## **B - Influência das variáveis atmosféricas nas doenças respiratórias**

Sendo frequentemente aceite que fatores meteorológicos e da qualidade do ar contribuem para o desenvolvimento e exacerbação de doenças respiratórias, o exato mecanismo não é claro (Subbarao *et al.* 2009)

Alguns estudos sugerem que a temperatura e a humidade do ar podem afetar as vias aéreas podendo modificar a função pulmonar (May *et al.*, 2011). Uma teoria sugere que a perda de água nas vias aéreas durante as condições de frio causa inflamação que leva a ataques de asma (Marino, 2006). Outra teoria sugere que o ar frio e seco aumenta a taxa de evaporação do fluido de superfície nas vias aéreas (Koskela *et al.*, 2007). Além disso, alguns estudos mostram que a variação de algumas variáveis meteorológicas (temperatura ou humidade) podem levar à inflamação das vias aéreas entre pessoas com asma (Michelozzi *et al.*, 2009). Vários estudos sugerem que temperaturas extremas (frio e calor) e ventos fortes podem aumentar as hospitalizações entre os pacientes com asma (Zhang *et al.*, 2014; Strickland *et al.*, 2010). Em contraste, outros autores não encontraram nenhuma correlação entre variáveis meteorológicas e as hospitalizações por asma (Fitzgerald *et al.*, 2014).

Existindo estudos desenvolvidos com base em experiências laboratoriais, a maioria baseia-se na determinação de relações estatísticas entre os referidos parâmetros atmosféricos e as admissões hospitalares (visitas às emergências e internamentos). Por outro lado, as inconsistências nas abordagens metodológicas e diferentes análises estatísticas mostradas na vasta literatura, excluindo justificações dos aspetos físicos e fisiológicos, não recomendam procedimentos nem sugerem prática.

No caso da asma (Bodaghkhani *et al.*, 2019), a maioria dos estudos realizados baseia-se num número reduzido de parâmetros meteorológicos (temperatura e humidade relativa do ar) e da qualidade do ar (partículas em suspensão e pólenes). Ainda no caso da asma e, de acordo com os padrões típicos de incidência e prevalência desta patologia (Dharmage *et al.*, 2019), os estudos são quase sempre relacionados com determinadas faixas etárias (crianças versus adultos) e por vezes sexo (feminino versus masculino).

## C - Doenças respiratórias no contexto do Faial

A publicação Indicadores de Saúde 2013 - 2018 da Secretaria Regional da Saúde dos Açores (Sousa *et al.*, 2019) indica que as doenças do aparelho respiratório são a terceira causa de morte na região dos Açores a seguir às doenças do aparelho circulatório e neoplasias (Quadro I).

Quadro I. Número Total de Óbitos, por Causas de Morte na Região Autónoma dos Açores no período 2013 a 2017 (Sousa *et al.*, 2019).

<b>Causa de morte</b>	<b>Óbitos (%)</b>
<b>Doenças infecciosas e parasitárias</b>	<b>1.67</b>
<b>Neoplasias (Tumores)</b>	<b>25.14</b>
<b>Doenças do sangue, órgãos hematopoiéticos e algumas alterações imunitárias</b>	<b>0.42</b>
<b>Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas</b>	<b>6.62</b>
<b>Perturbações mentais e de comportamento</b>	<b>2.59</b>
<b>Doenças do sistema nervoso e órgãos dos sentidos</b>	<b>2.79</b>
<b>Doenças do aparelho circulatório</b>	<b>32.35</b>
<b>Doenças do aparelho respiratório</b>	<b>13.06</b>
<b>Doenças do aparelho digestivo</b>	<b>3.94</b>
<b>Doenças da pele e do tecido celular subcutâneo</b>	<b>0.14</b>
<b>Doenças do sistema osteomuscular e tecido conjuntivo</b>	<b>0.25</b>
<b>Doenças do aparelho geniturinário</b>	<b>2.50</b>

<b>Gravidez, parto e puerpério</b>	<b>0.00</b>
<b>Afeções originadas no período perinatal</b>	<b>0.19</b>
<b>Malformações congénitas e anomalias cromossómicas</b>	<b>0.14</b>
<b>Sintomas, sinais, exames anormais e causas mal definidas</b>	<b>3.47</b>
<b>Causas externas de lesão e envenenamento</b>	<b>4.60</b>

Na referida publicação encontramos ainda informação complementar sobre a distribuição dos óbitos por distintos grupos etários (Quadro II), revelando um aumento da ocorrência do número de óbitos a partir dos 60 anos e, especialmente, acima dos 75 anos de idade. Esta tendência tem a clara contribuição da pneumonia e das designadas “outras Doenças Crónicas das Vias aéreas Inferiores” mas não são tão evidente no caso da asma (ou “outras Doenças Crónicas das Vias Aéreas Inferiores: Asma e Estado de mal asmático”).

Por outro lado, sugere-se que nas faixas etárias mais jovens (< 15 anos) e da infância (< 5 anos), o número de casos é residual e por comparação com os mais velhos (> 60 anos).

Quadro II. Causas de Morte por Doenças do Aparelho Respiratório por grupo etário na Região Autónoma dos Açores no período 2013 a 2017 (Sousa et al, 2019).

	<b>Grupo etário</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Pneumonia</b>		<b>141</b>	<b>140</b>	<b>123</b>	<b>123</b>	<b>85</b>
	<b>10-14</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>25-44</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

	<b>45-49</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>50-54</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>55-64</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
	<b>65-74</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>9</b>
	<b>75-84</b>	<b>48</b>	<b>51</b>	<b>36</b>	<b>33</b>	<b>22</b>
	<b>85 e +</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>46</b>

Quadro II (continuação). Causas de Morte por Doenças do Aparelho Respiratório por grupo etário na Região Autónoma dos Açores no período 2013 a 2017 (Sousa *et al.*, 2019).

<b>Grupo etário</b>		<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Outras Doenças Crónicas das Vias Aéreas Inferiores</b>		<b>102</b>	<b>106</b>	<b>76</b>	<b>103</b>	<b>103</b>
	<b>45-49</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>50-54</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
	<b>55-64</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
	<b>65-74</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>16</b>
	<b>75-84</b>	<b>49</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>37</b>
	<b>85 e +</b>	<b>25</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>33</b>	<b>44</b>

<b>Outras Doenças Crônicas das Vias Aéreas Inferiores: Asma e Estado de Mal Asmático</b>		8	6	6	6	5
	<b>50-54</b>	0	0	1	0	0
	<b>55-64</b>	0	1	0	0	1
	<b>65-74</b>	1	1	0	1	2
	<b>75-84</b>	5	3	2	2	1
	<b>85 e +</b>	2	1	3	3	1

No caso da asma, exaustivamente estudado, os padrões de incidência e prevalência diferem entre crianças e adultos. É bem conhecido que a asma geralmente começa na infância, mas pode ocorrer em qualquer momento da vida, com alguns indivíduos desenvolvendo asma pela primeira vez na idade adulta (Ahmetaj, 2014).

Embora a incidência e a prevalência de asma sejam maiores em crianças, o uso de serviços de saúde e a mortalidade são maiores em adultos. Curiosamente, a incidência e a prevalência da asma diferem por sexo ao longo da vida (Teresa *et al.*, 2012). Meninos pré-púberes têm maior incidência, prevalência e taxa de hospitalização de asma do que meninas da mesma idade, invertendo-se esta tendência durante a adolescência. As mulheres continuam a ter uma maior carga de asma do que os homens até a 5ª década de vida. No entanto, a diferença entre homens e mulheres na carga de asma diminui por volta da 5ª década de vida (Koper *et al.*, 2017).

Neste ponto, poder-se-á questionar a importância relativa dos fatores idade e sexo para as doenças respiratórias, para além da mera incidência na taxa de mortalidade; ou seja, será preciso resumir as evidências sobre cada doença respiratória (determinantes ambientais e impactos de longo prazo) ao comparar as características epidemiológicas tendo em conta a idade e o sexo.

## **D – Motivação**

O objetivo científico da presente dissertação será conhecer o impacto dos fatores atmosféricos (meteorológicos e qualidade do ar) nas admissões nos serviços hospitalares de urgência e internamento do Hospital da Horta na ilha do Faial.

Este estudo visa ainda (1) diagnosticar o efeito das variáveis atmosféricas nas admissões hospitalares no últimos anos (2) contextualizado no presente cenário de mudança climática, (3) identificar lacunas no conhecimento (4) destacando futuras prioridades de investigação, (5) contribuir para a sensibilização da população para a redução da exposição a potenciais agravantes de doenças respiratórias, (6) contribuir para melhorar a gestão do processo da admissão hospitalar e (7) contribuir para o desenho de um eventual sistema de alerta ambiental para doenças respiratórias.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

### A - Área de estudo

Os Açores encontram-se localizados na região subtropical do Atlântico Norte e por isso muito influenciados pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte, também conhecido por Anticiclone dos Açores. Tratando-se de um sistema de altas pressões quase estacionário, a sua posição, intensidade, desenvolvimento e orientação determinam a natureza e as características das massas de ar que atingem a região, bem como a frequência e trajetória das ondulações e depressões da Frente Polar do Atlântico Norte a qual é, também, um sistema modelador importante do Tempo nos Açores. Assim, de acordo com as *Reanálises do NCEP/NCAR* para 1961-1990, o valor máximo da pressão atmosférica média ocorre em julho, pois o Anticiclone dos Açores, centrado na proximidade do arquipélago é mais intenso nesta altura do ano; por outro lado, sendo o Anticiclone dos Açores menos intenso e as depressões mais frequentes e cavadas no início da primavera, o valor mínimo da pressão atmosférica média à superfície ocorre em março. Outro aspeto que caracteriza o tempo dos Açores é a proximidade da Corrente do Golfo que consiste numa corrente marítima de água quente que torna ameno o Clima nestas latitudes. De facto, a temperatura da água do mar tem uma importância muito grande no Clima dos Açores o qual, de acordo com a Classificação Climática de Köppen-Geiger, se considera predominantemente, temperado húmido, sem estação seca, com precipitação em todos os meses do ano e com verão temperado.

A ilha do Faial situa-se no extremo ocidental do Grupo Central do arquipélago dos Açores, separada da ilha do Pico por um estreito canal de 8,3 km (ou 4,5 milhas náuticas) de largura, conhecido como canal do Faial. A ilha tem a forma aproximada de um pentágono irregular, com 21 km de extensão no sentido este-oeste e largura máxima de 14 km, o que corresponde a uma área de 172,43 km<sup>2</sup>, Figura 2. A população residente é de 14.356 de habitantes (2021), a maioria dos quais vive na cidade da Horta, único concelho da ilha. O clima é temperadooceânico, com temperatura do ar média anual entre 13°C no inverno e 22°C no verão, humidade relativa média acima de 79%.

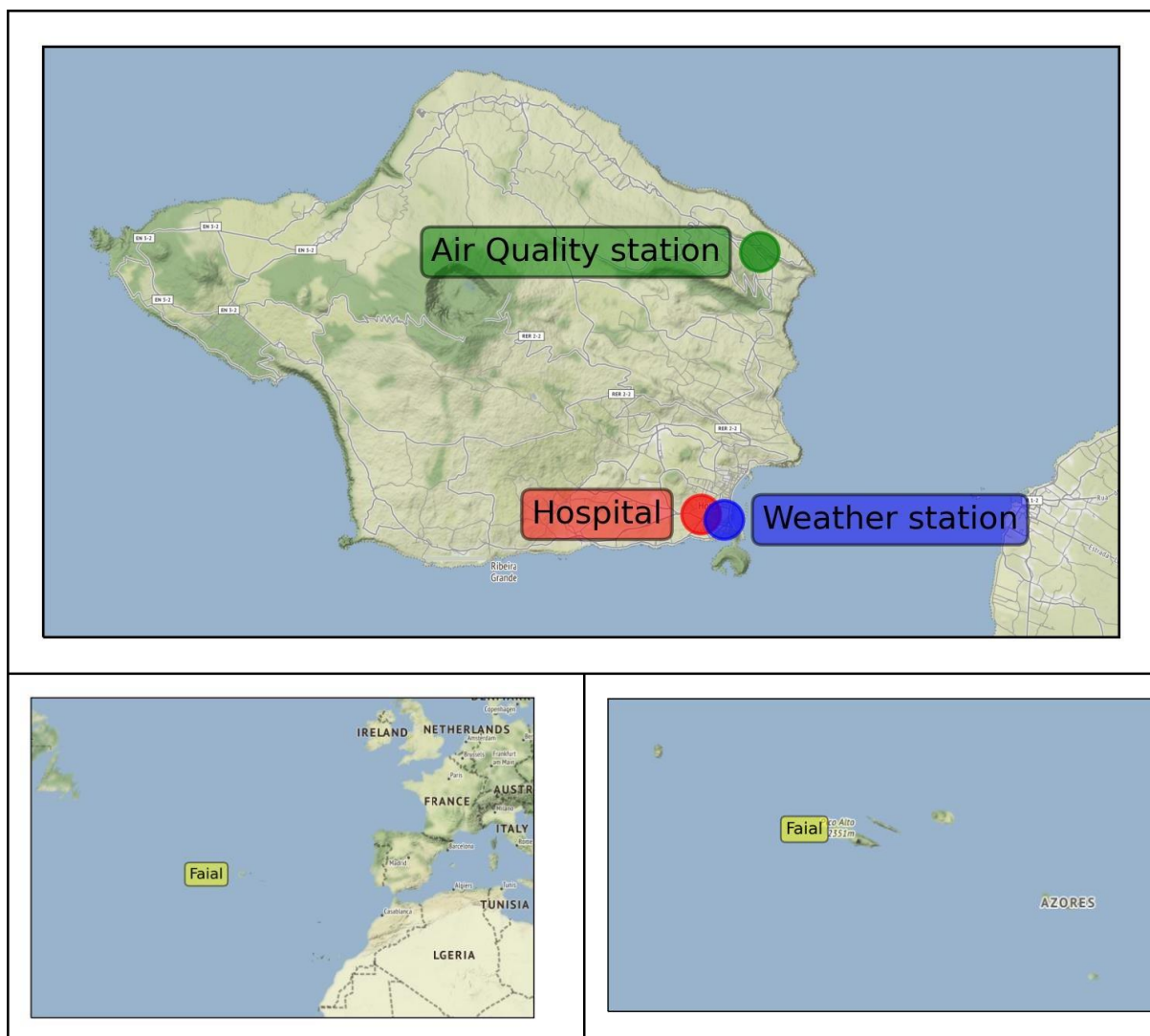


Figura 2: Localização atlântica dos Açores (inferior esquerda) e do Faial (inferior direita). Pormenor da ilha do Faial mostrando as localizações do Hospital da Horta (Hospital), Observatório Meteorológico Príncipe Alberto do Mónaco (Weather station) e estação da Rede de Monitorização da Qualidade do Ar dos Espalhafatos (Air Quality station).

## **B - Dados**

A informação base (epidemiológica, meteorológica, qualidade do ar) utilizada neste trabalho corresponde a dados diários de 2008 a 2019.

Os dados sobre o número de indivíduos hospitalizados (visitas ao serviço de urgência e internamentos) com diagnóstico de doença respiratória (asma, pneumonia e rinite) analisados neste estudo foram fornecidos pelo Serviço de Estatística do Hospital da Horta (Faial).

As séries de dados meteorológicos foram recolhidos na estação meteorológica automática do Observatório Meteorológico Príncipe Alberto de Mónaco (Faial), pertencente à rede meteorológica de superfície do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (<https://www.ipma.pt>).

Os dados da qualidade do ar foram recolhidos na estação dos Espalhafatos (Faial) pertencente à Rede de Monitorização da Qualidade do Ar da Região Autónoma dos Açores (<http://qualidadedoar.azores.gov.pt/DadosValidados.aspx>), Figura 2.

## **C - Método**

Para a análise da influência das condições atmosféricas nas doenças respiratórias foram elaboradas séries temporais de caixas de bigodes e das variáveis normalizadas, bem como a análise de componentes principais para as escalas mensais e anuais.

Foram ainda elaboradas séries temporais dos percentis semanais para as várias variáveis em estudo.

As representações gráficas apresentadas foram elaboradas com MS Excel (Caixas e bigodes) e Python.

### 3. RESULTADOS

#### A - Apuramentos anuais

Os gráficos de caixa de bigodes para o número de admissões diárias no Hospital da Horta nas várias doenças respiratórias em estudo e para cada um dos anos do período em estudo (2008 a 2019) são apresentados nas figuras 3 a 6. O mesmo tipo de representação para os vários elementos meteorológicos em estudo, recolhidos na estação do Observatório Meteorológico da Horta, e da qualidade do ar, obtidos na estação dos Espalhafatos da ilha do Faial, são apresentados nas figuras 7 a 9 e 10 a 11, respetivamente.

Da inspeção simples do gráfico 3, é possível notar que 2010 foi o ano com maior número de admissões quando consideramos o total das doenças (RDH, Respiratory Diseases Hospitalizations), especialmente para o grupo etário inferior a 5 anos (RDH<5). Verifica-se também que o ano com menor número de admissões foi 2019.

Relativamente à asma (ASTHMA) (figura 4), o ano com maior número de internamentos foi 2008, seguido de 2017, onde também se verificou o maior número de internamentos para o grupo etário superior a 60 anos (ASTHMA>60). O ano com menor número de internamentos foi 2019. O grupo etário inferior a 5 anos (ASTHMA<5) apresenta um número muito reduzido de admissões, variando geralmente entre 1 e 2 admissões diárias. O número de admissões associadas a esta doença tem vindo a diminuir significativamente nos últimos dois anos.

Quanto às admissões associadas à pneumonia (PNEUMONIA) (figura 5), o ano com maior número diário foi 2016 e para o qual terá contribuído o grupo etário superior a 60 anos (PNEUMONIA>60). No caso da pneumonia, observa-se uma diminuição gradual desde 2017, sendo que em 2019 ocorreu o menor número.

Relativamente à rinite (RHINITIS) (figura 6), o número de internamentos é em média menor que para as restantes patologias. O ano de 2008 foi o mais movimentado, principalmente devido ao grupo etário superior a 60 anos (RHINITIS>60).

Com exceção da rinite, verifica-se uma tendência negativa desde 2010 na evolução do total de internamentos por doenças respiratórias (figuras 12 a 13).

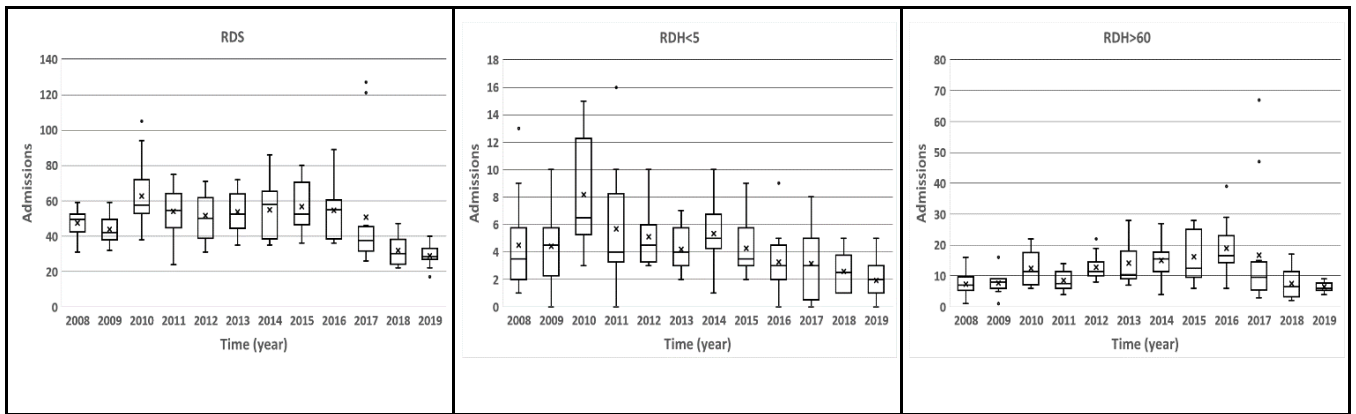


Figura 3. Caixas de bigodes do número diário de admissões (hospitalizações: visitas às urgência e internamentos) com doenças respiratórias (RDH) registados no Hospital da Horta (HA) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019. Total de admissões (esquerda); grupo etário < 5 anos (centro); grupo etário > 60 anos (direita).

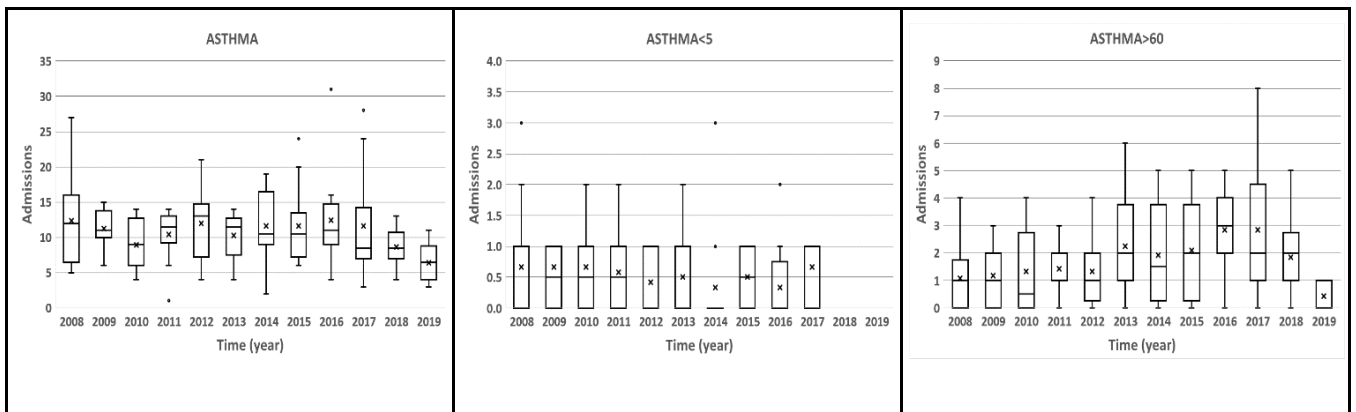


Figura 4. Caixas de bigodes do número diário de admissões com asma (ASTHMA) registadas no Hospital da Horta (HA) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019. Total de admissões (esquerda); grupo etário < 5 anos (centro); grupo etário > 60 anos (direita).

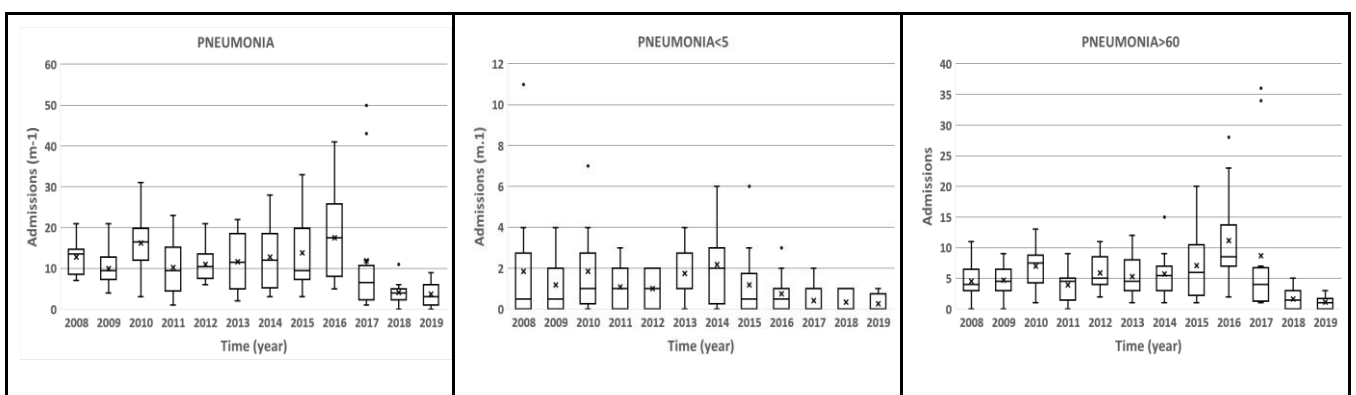


Figura 5. Caixas de bigodes do número diário de admissões com pneumonia (PNEUMONIA) registadas no Hospital da Horta (HA) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019. Total de admissões (esquerda); grupo etário < 5 anos (centro); grupo etário > 60 anos (direita).

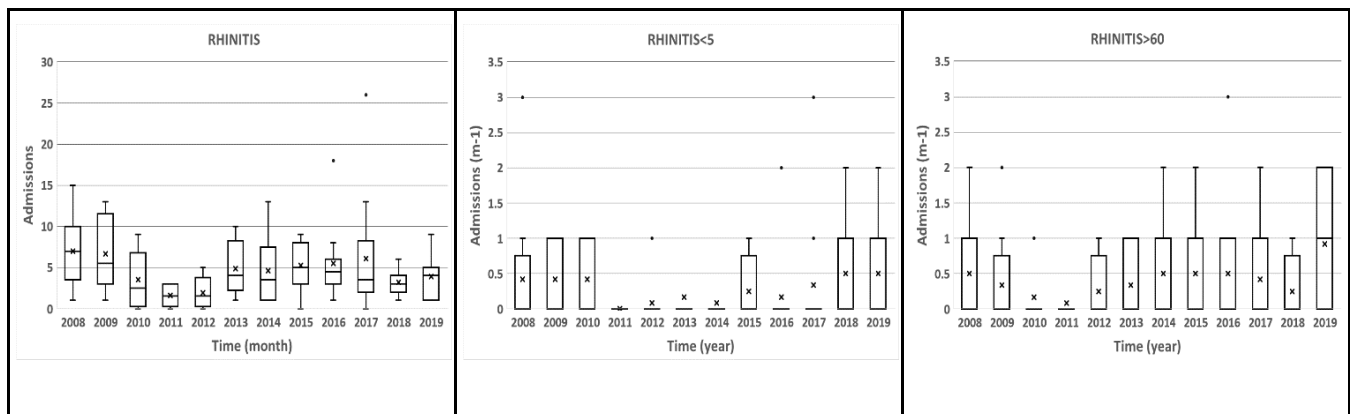


Figura 6. Caixas de bigodes do número diário de admissões com rinite (RHINITIS) registadas no Hospital da Horta (HA) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019. Total de admissões (esquerda); grupo etário < 5 anos (centro); grupo etário > 60 anos (direita).

No caso da temperatura mínima diária (figura 7), a série apresenta um comportamento bastante regular e estável, apresentando medianas muito próximas às médias, geralmente entre 15 e 16°C. Apenas dois anos (2009 e 2014) apresentaram temperaturas mínimas iguais ou inferiores a 5°C.

Relativamente à temperatura máxima diária, a série apresenta uma ligeira tendência positiva, com medianas inferiores às médias, em torno dos 20°C.

A amplitude térmica diária (figura 8) apresenta uma série com medianas muito próximas das médias, em torno dos 5°C, mas com alguns extremos, especialmente nos anos de 2010 e 2011.

O ponto de orvalho (figura 8) apresenta maior variabilidade, com medianas, geralmente superiores às médias, entre 13 e 15°C, e com uma ligeira tendência positiva. Naturalmente, estas variáveis encontram-se altamente correlacionadas entre si (figura 14).

Como esperado, a quantidade de precipitação diária (figura 9) apresenta distribuições muito assimétricas, limitadas à esquerda, com médias muito superiores às medianas e mais próximas do percentil 25 e com muito extremos. Aparentemente, apresenta desde 2009 uma tendência negativa, partindo de cerca de 4 mm (média) até menos de 2 mm em 2019. Acrescenta-se que a humidade relativa e o ponto de orvalho apresentam tendências positivas, em contraste com a precipitação (figura 15).

Finalmente, a velocidade média diária do vento apresenta distribuições, naturalmente limitadas à esquerda, mas mais simétricas que a precipitação, com as medianas muito próximas das médias, mas sempre inferiores e geralmente menores que 5 m/s. Verificam-se também

alguns extremos, especialmente em 2012, mas o ano mais “ventoso” foi 2013. Curiosamente, a velocidade média do vento e a amplitude térmica diária apresentam tendências positivas desde 2012 (figura 15).

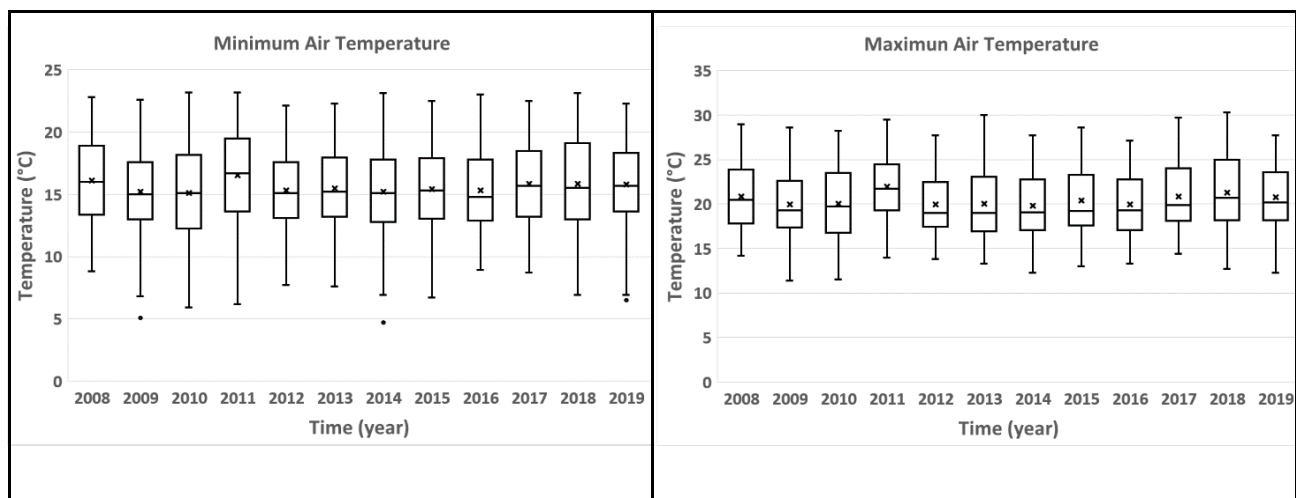


Figura 7. Caixas de bigodes das temperaturas mínimas (esquerda) e máximas (direita) diárias observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019.

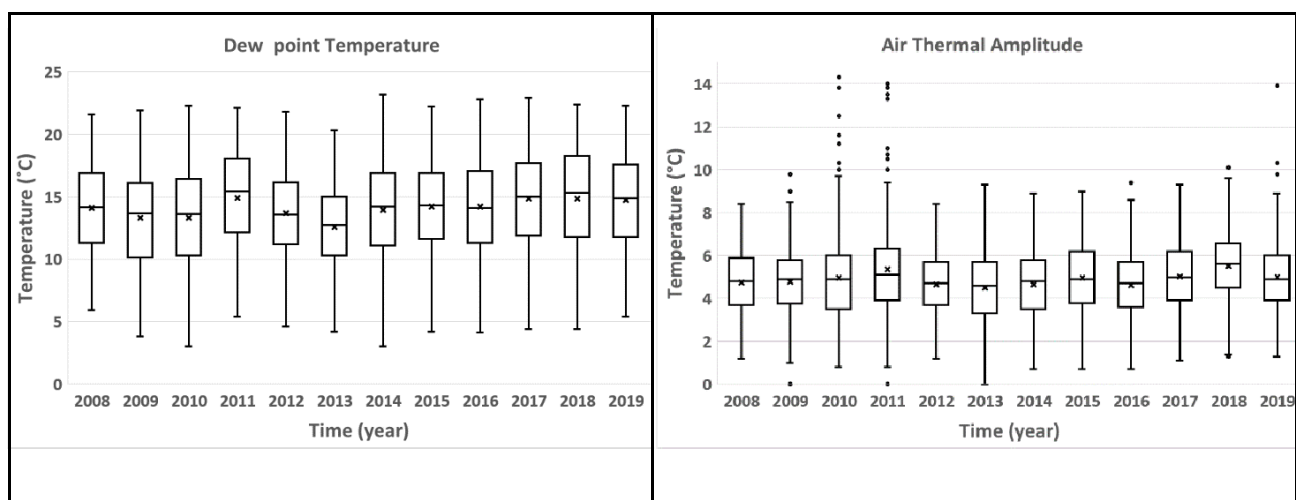


Figura 8. Caixas de bigodes dos valores médios diários do ponto de orvalho (esquerda) e da amplitude térmica diária (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019.

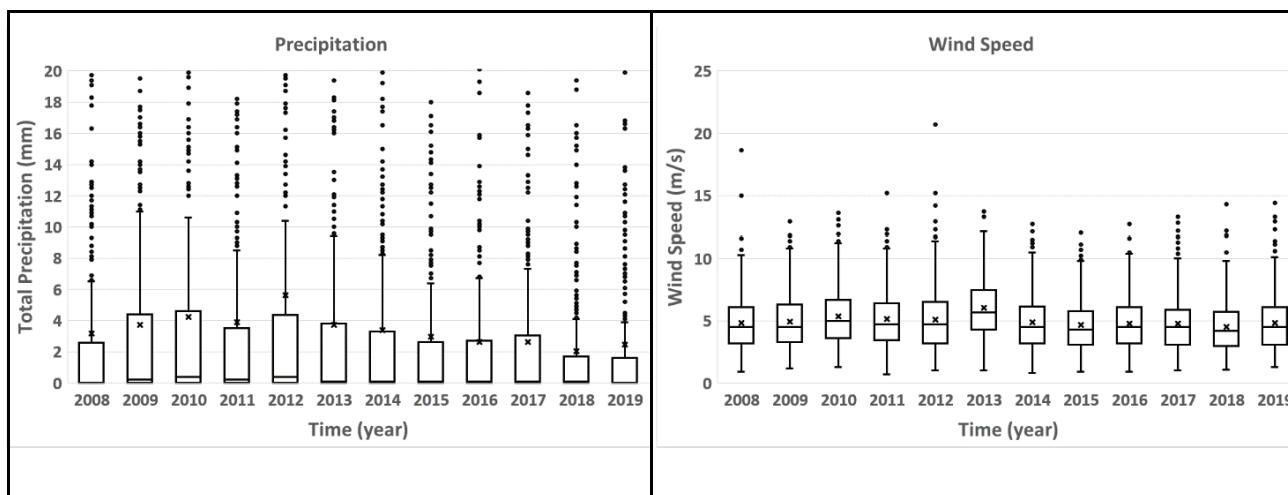


Figura 9. Caixas de bigodes dos totais diários de precipitação (esquerda) e da velocidade média do vento (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019.

Relativamente à concentração média diária de dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ) (figura 10), a série é bastante variável e irregular, com distribuições geralmente assimétricas, com as medianas inferiores às médias e com bastantes extremos superiores. O ano de 2009 apresenta o maior valor da mediana, mas com uma distribuição muito restrita. Por outro lado, o ano de 2009 apresenta a menor mediana, mas também uma distribuição mais extensa.

Quanto à série de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) (figura 10), esta apresenta um comportamento bastante irregular, com distribuições anuais muito variáveis, embora as médias sejam geralmente superiores às medianas, mas com alguns outliers. A mediana mais elevada ocorreu em 2014, enquanto a menor ocorreu em 2011. A série relativa ao ano de 2013 apresenta demasiadas falhas.

As concentrações de ozono ( $\text{O}_3$ ) (figura 11) apresentam por sua vez um comportamento mais regular, com medianas ligeiramente superiores às médias, entre  $80$  e  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A série de concentrações de partículas em suspensão com diâmetros inferiores a  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) (figura 11), apresenta uma série regular, mas mais variável, com medianas inferiores às médias, assimétricas e com muitos outliers. A mediana mais elevada ocorreu em 2019 e a mais baixa em 2014.

Com exceção do  $\text{NO}_2$ , as concentrações dos restantes poluentes apresentam tendências negativas (figura 16).

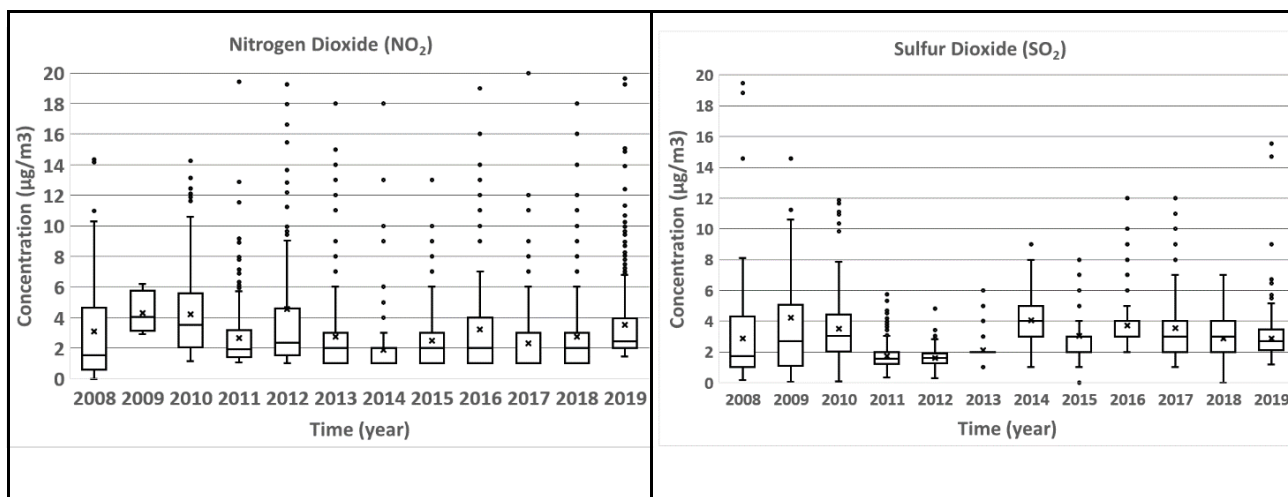


Figura 10. Caixas de bigodes das concentrações médias diárias de NO<sub>2</sub> (esquerda) e de SO<sub>2</sub> (direita) observadas na estação da qualidade do ar dos Espalhafatos (Faial) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019.

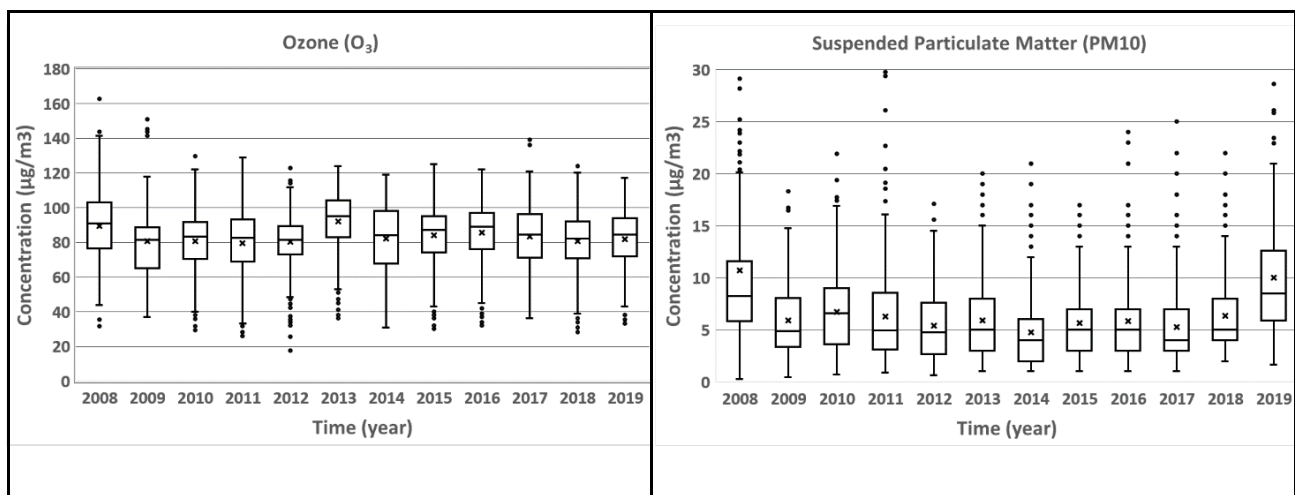


Figura 11. Caixas de bigodes das concentrações médias diárias de O<sub>3</sub> (esquerda) e de PM<sub>10</sub> (direita) observadas na estação da qualidade do ar dos Espalhafatos (Faial) para cada um dos anos do período de 2008 a 2019.

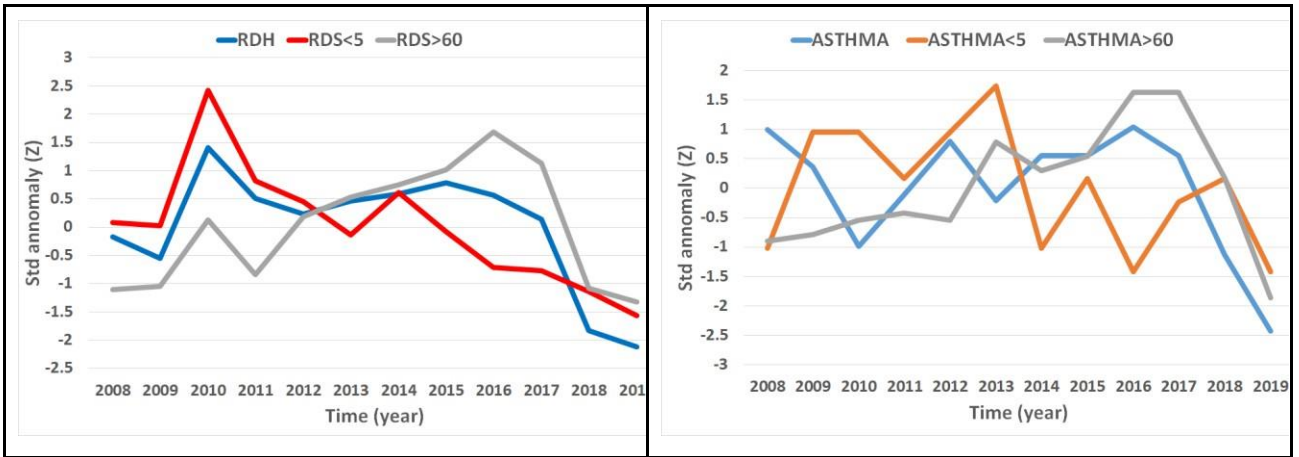


Figura 12. Séries normalizadas do número médio anual de admissões com doenças respiratórias (esquerda) e com asma (direita) no Hospital da Horta, para o período de 2008 a 2019.

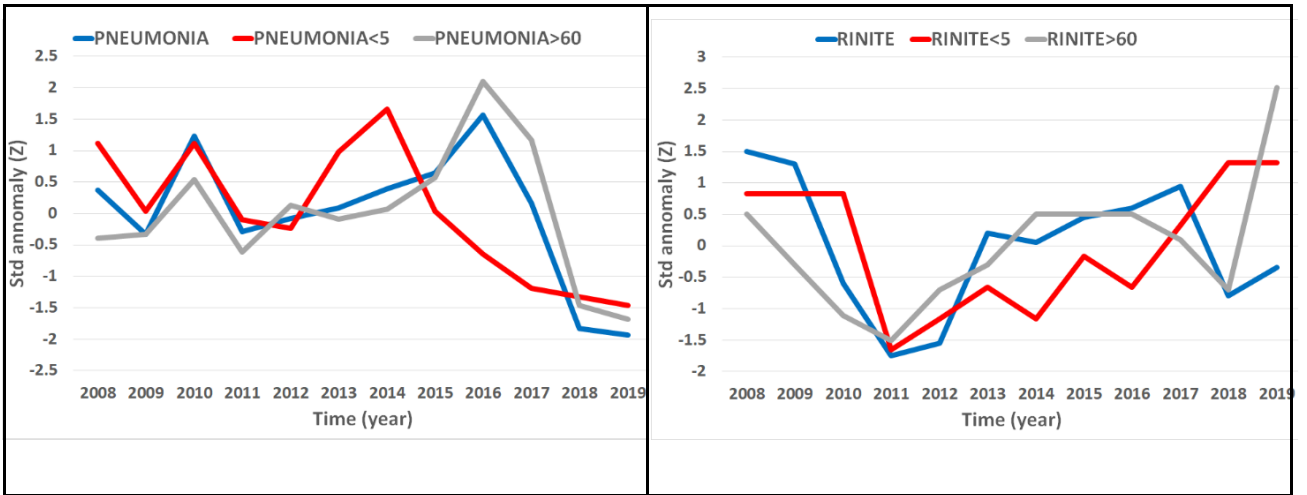


Figura 13. Séries normalizadas do número médio anual de internamentos com pneumonia (esquerda) e com rinite (direita) no Hospital da Horta, para o período de 2008 a 2019.

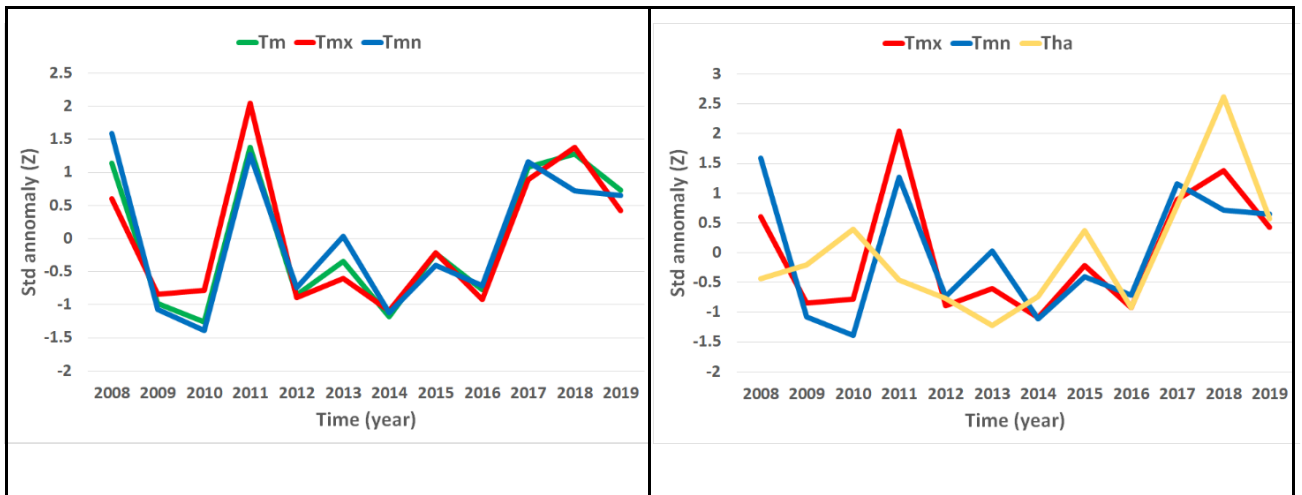


Figura 14. Séries normalizadas das médias anuais das temperaturas média (Tm), máxima (Tmx) e mínima (Tmn) diárias (esquerda) e amplitude térmica diária (Tha) (direita) observadas na estação do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta), para o período de 2008 a 2019.

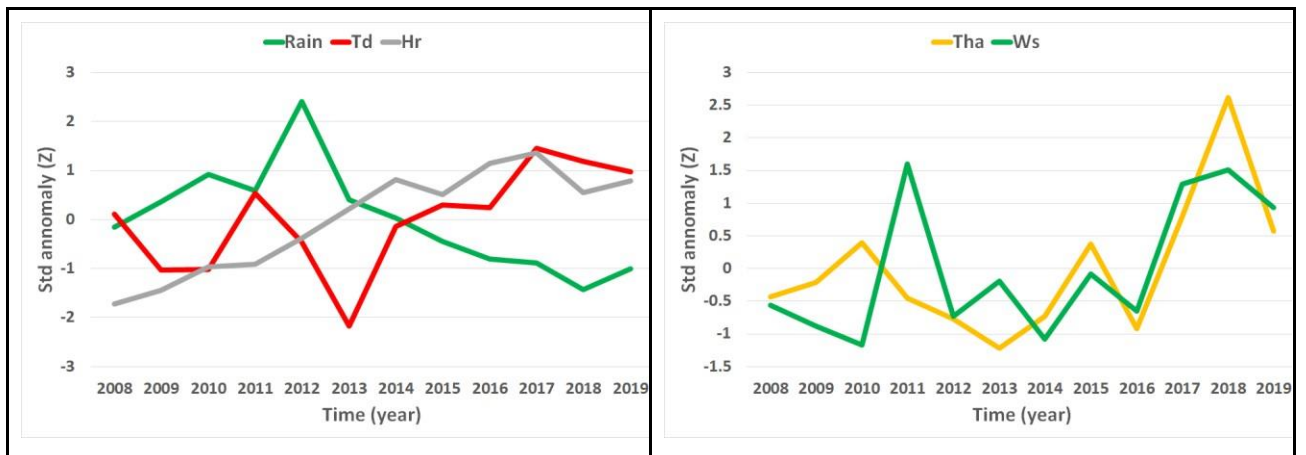


Figura 15. Séries normalizadas das médias anuais dos totais diários de precipitação (Rain), médias diárias da humidade relativa (Hr) e do ponto de orvalho (Td) (esquerda), bem como da amplitude térmica diária (Tha) e velocidade média do vento (Ws) (direita) observadas na estação do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta), para o período de 2008 a 2019.

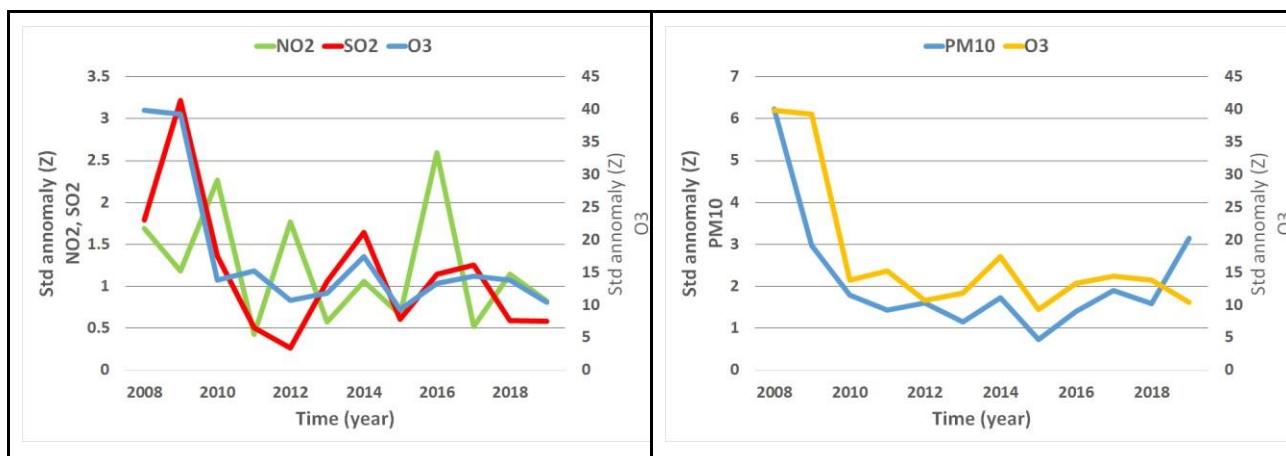


Figura 16. Séries normalizadas das médias anuais das concentrações de dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) (esquerda), partículas em suspensão (PM<sub>10</sub>) e ozono (O<sub>3</sub>) (direita), observadas na estação da qualidade do ar dos Espalhafatos (Faial), para o período de 2008 a 2019.

A eventual dependência do número diário de admissões por doenças respiratórias com elementos meteorológicos ou da qualidade do ar não é claramente deduzível da simples análise dos gráficos atrás referidos, sendo por isso mais adequado a análise de componentes principais (Principal Component Analysis – PCA).

A representação gráfica da figura 17 (biplot) apresenta os resultados obtidos para o conjunto das três doenças em estudo e para os valores meteorológicos observados entre 2008 e 2019. A primeira componente (PC1) explica 44.3% da variância e a segunda (PC2), 19.6 %, totalizando 63.9% da variância. Como seria de esperar, as temperaturas diárias (Tam: temperatura média; Tmx: temperatura máxima; Tmn: temperatura mínima e Tmx-Tmn: amplitude térmica) encontram-se correlacionadas, contribuindo principalmente para a PC1.

Neste diagrama, o número de admissões com pneumonia apresenta correlações negativas com estas temperaturas, sugerindo que estas admissões parecem estar associadas a dias frios com baixa amplitude térmica.

Nesta análise, a rinite e a asma estão também correlacionadas entre si, mas menos associadas às temperaturas.

Os totais de precipitação (RR) e a velocidade do vento (FF) encontram-se correlacionados e a pressão ao nível médio do mar apresenta uma correlação negativa com os anteriores, mas parecem estar pouco associadas às doenças em estudo.

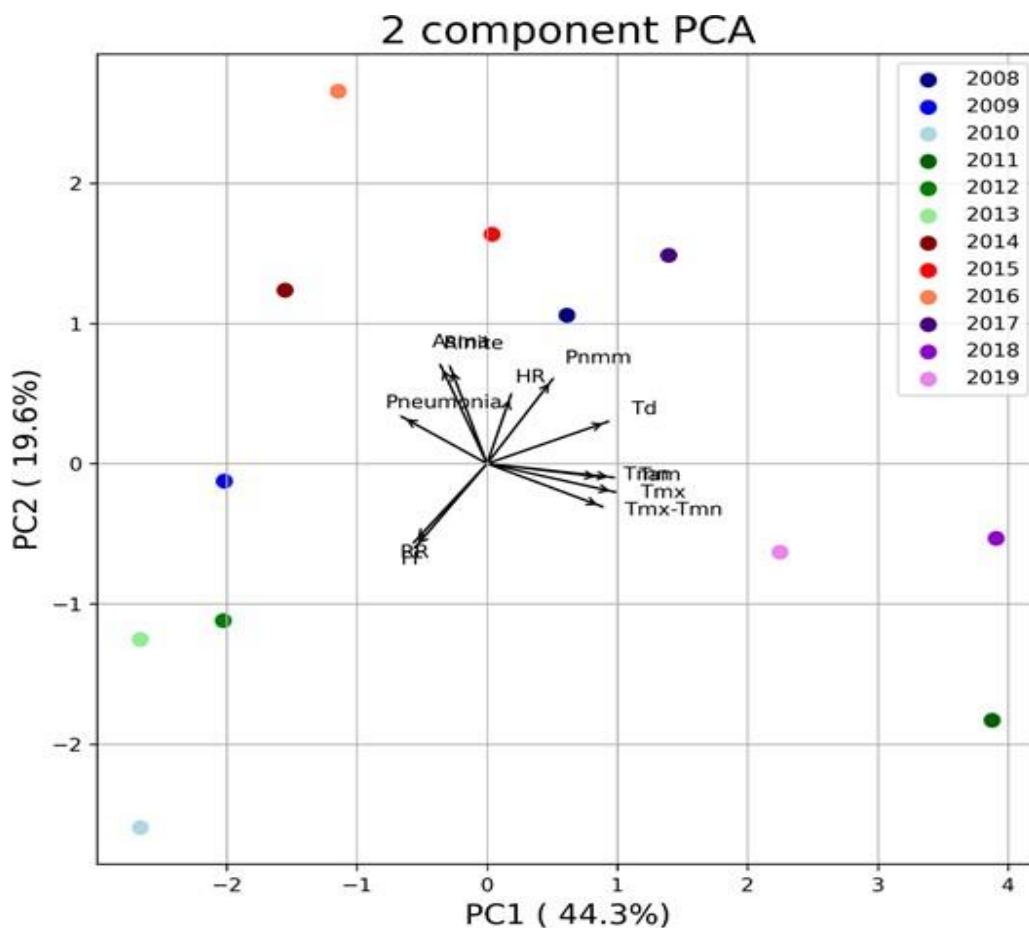


Figura 17. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais (PCA) para o conjunto de casos de Asthma, Rhinitis and Pneumonia, bem como as variáveis meteorológicas para as médias anuais da pressão atmosférica ao nível médio do mar (Pnmm), temperaturas máximas (Tmx), mínima (Tmn) e media (Tam) diárias, amplitude térmica (Tmx-Tmn), ponto de orvalho (DP), humidade relativa (HR) e velocidade do vento (FF) média precipitação total (RR). Os pontos coloridos correspondem aos anos de 2008 a 2019.

A PCA do conjunto das doenças em estudo com as médias diárias das concentrações de algumas espécies atmosféricas observadas na estação da qualidade do ar dos Espalhafatos (Faial) indica um total de variância explicada de 58.2 %, ou seja, menos que na análise anterior (figura 18).

No entanto, os resultados indicam também que a pneumonia e asma poderão estar associadas a elevadas concentrações de SO<sub>2</sub>, contribuindo negativamente para a PC1.

Por outro lado, as concentrações de ozono poderão estar correlacionadas positivamente com os casos de rinite enquanto as concentrações de NO<sub>2</sub> poderão estar correlacionadas negativamente. Este último resultado poderá ainda estar condicionado pelas

reações químicas na atmosfera que levam a produção de ozono através da fotólise do NO<sub>2</sub> em regiões pouco poluídas:



Curiosamente, as PM<sub>10</sub> parecem não ter um papel relevante nas doenças em estudo.

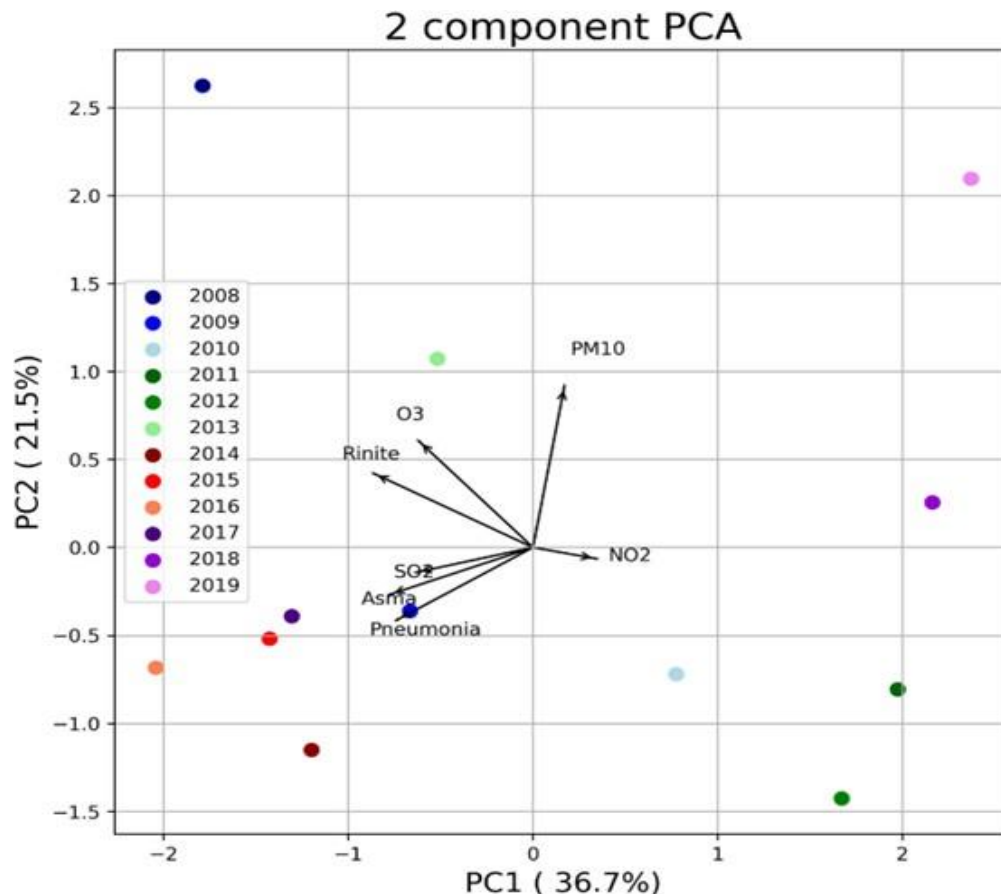


Figura 18. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais (PCA) para o conjunto de casos mensais de Asthma, Rhinitis and Pneumonia, bem como para as médias anuais de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e PM<sub>10</sub>. Os pontos coloridos correspondem aos anos de 2008 a 2019.

Combinando todas as variáveis na mesma PCA (figura 19), a variância explicada diminuiu para 55.8%. No entanto, nesta análise as três doenças apresentam uma correlação entre si, bem como com o ozono e o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>).

Por outro lado, o dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>), o vento (FF) e a precipitação (RR) apresentam uma certa correlação entre si, mas não com as patologias.

Como foi referido anteriormente as temperaturas apresentam uma correlação negativa com a pneumonia. Curiosamente, as partículas em suspensão (PM<sub>10</sub>) apresentam agora uma pequena correlação negativa com a pneumonia.

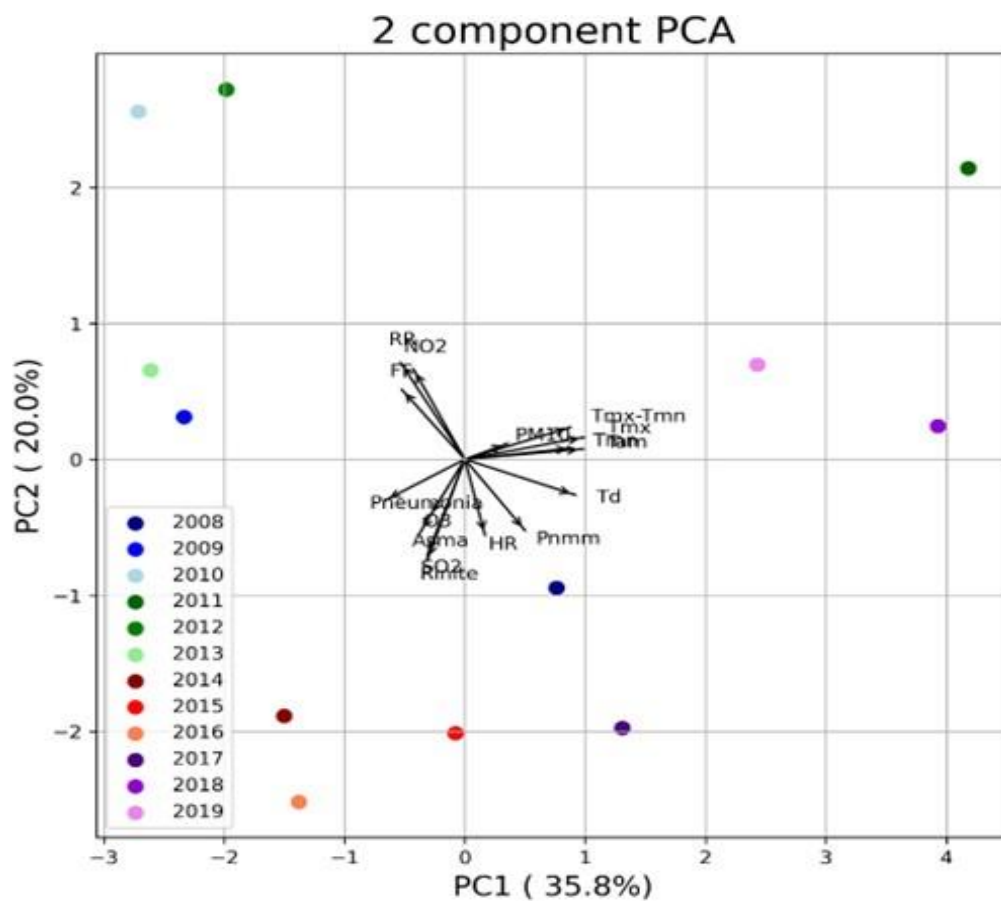


Figura 19. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais (PCA) para o conjunto de casos de Asthma, Rhinitis and Pneumonia, bem como as variáveis meteorológicas para as médias anuais da pressão atmosférica ao nível médio do mar (Pnmm), temperaturas máximas (Tmx), mínima (Tmn) e media (Tam) diárias, amplitude térmica (Tmx-Tmn), ponto de orvalho (DP), humidade relativa (HR) e velocidade do vento (FF) média precipitação total (RR) e também as médias anuais de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e PM<sub>10</sub>.

Os pontos coloridos correspondem aos anos de 2008 a 2019.

## B - Apuramentos mensais

Efetuada a análise exploratória dos dados mensalmente e para cada variável, são obtidas conclusões complementares sobre o seu comportamento. Considerando o total de doenças respiratórias, o número mensal de hospitalizações (RDH) geralmente varia entre 30 e 70, embora possa atingir valores maiores (~130) e menores (~15). Não é fácil identificar a sazonalidade na série, mas os meses de dezembro a maio apresentam valores medianos superiores a 45, tendo o mês de fevereiro a maior média (>57), embora a mediana seja inferior a 45.

Os valores mais baixos da mediana ocorrem no mês de setembro (Fig. 20); relativamente à asma (ASTHMA), os valores mensais geralmente variam entre 5 e 18 hospitalizações. Nesse caso, a série apresenta certa sazonalidade, com os maiores valores (média e mediana) nos meses de novembro a fevereiro, (10-15). Os valores mais baixos ocorrem nos meses de junho e julho (Fig. 20); em relação à pneumonia (PNEUMONIA), os valores geralmente variam entre 5 e 25 hospitalizações, com um comportamento sazonal mais claro, com os meses de janeiro a maio apresentando os maiores valores de mediana (e média) na faixa de 10 a 20 (Fig. 21); em relação à rinite (RINITE), as hospitalizações geralmente variam de 1 a 12, sem padrão sazonal claro, mas com os meses de maio a julho apresentando os maiores valores para a mediana (e média) (cerca de 5) (Fig. 21).

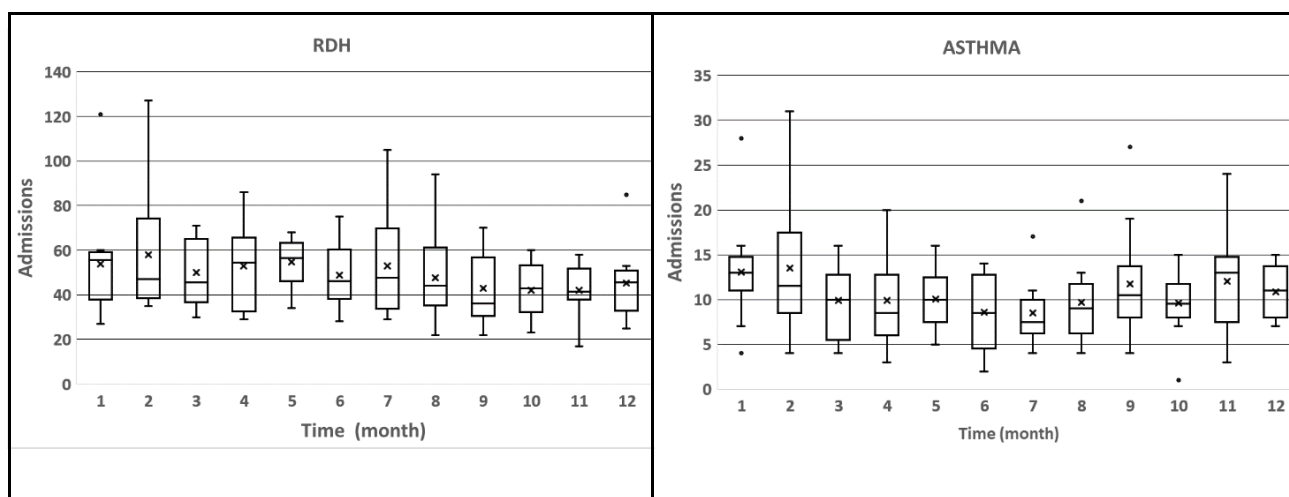


Figura 20. Caixas de bigodes das admissões relativas a RDH (esquerda) e ASTHMA (direita) registadas no HA para cada um dos anos do período de 2008 a 2019.

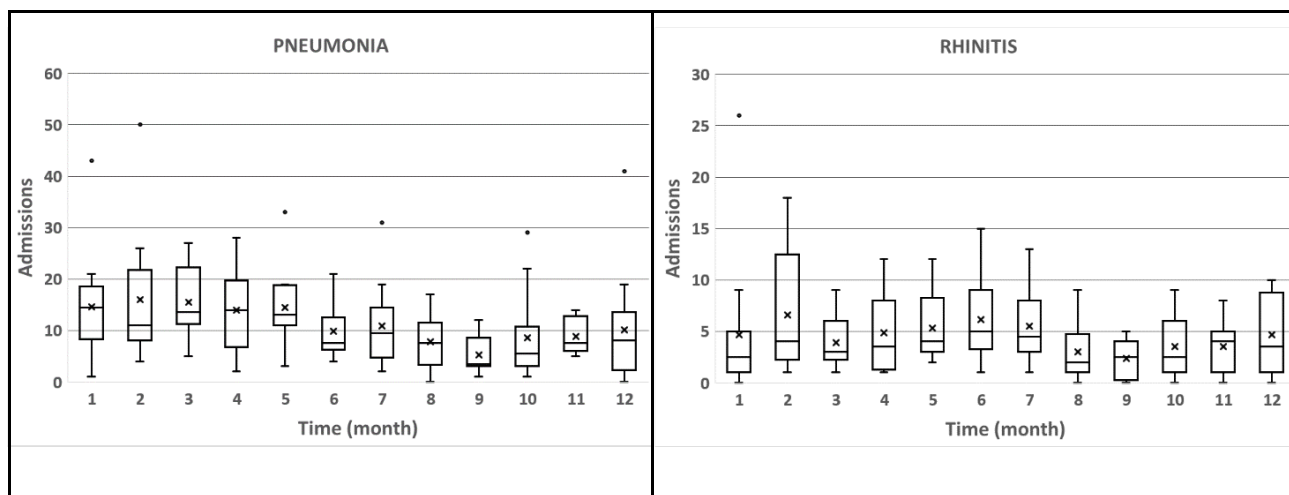


Figura 21. Caixas de bigodes das admissões relativas a PNEUMONIA (esquerda) e RHINITIS (direita) registadas no HA para cada um dos anos do período de 2008 a 2019.

Em relação à temperatura mínima diária, verifica-se que apresenta distribuições com maior dispersão nos meses de inverno (DJF) e outliers para as temperaturas mais baixas (Fig. 22).

A temperatura máxima diária, apresenta distribuições com menor dispersão em relação à temperatura mínima, mas com maior número de outliers, altos e baixos (Fig. 22); a amplitude térmica diária apresenta distribuições muito semelhantes ao longo do ano, com máximo nos meses de verão (JJA) e mínimo nos meses de inverno (DJF); no entanto, os meses de dezembro e janeiro apresentam maior número de outliers para as maiores amplitudes (Fig. 23).

A temperatura do ponto de orvalho apresenta um padrão sazonal semelhante para as temperaturas máxima e mínima, mas a dispersão das distribuições mensais é menor nos meses de verão (Fig. 24).

A humidade relativa geralmente apresenta valores em torno de 80%, com os valores mais altos nos meses de dezembro e janeiro e de maio a agosto (Fig. 24); quanto aos totais mensais de precipitação, a série apresenta distribuições mensais muito assimétricas com muitos outliers: no entanto, os meses de julho e agosto apresentam menor dispersão em suas respetivas distribuições (Fig. 25).

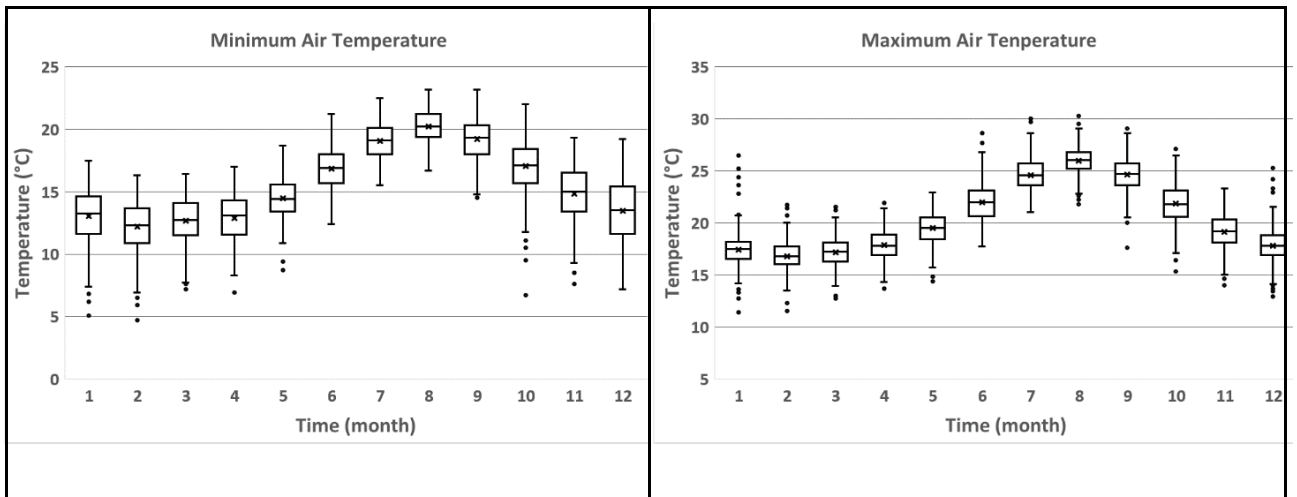


Figura 22. Caixas de bigodes relativas às variáveis meteorológicas temperaturas diárias mínimas (esquerda) e máximas (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019.

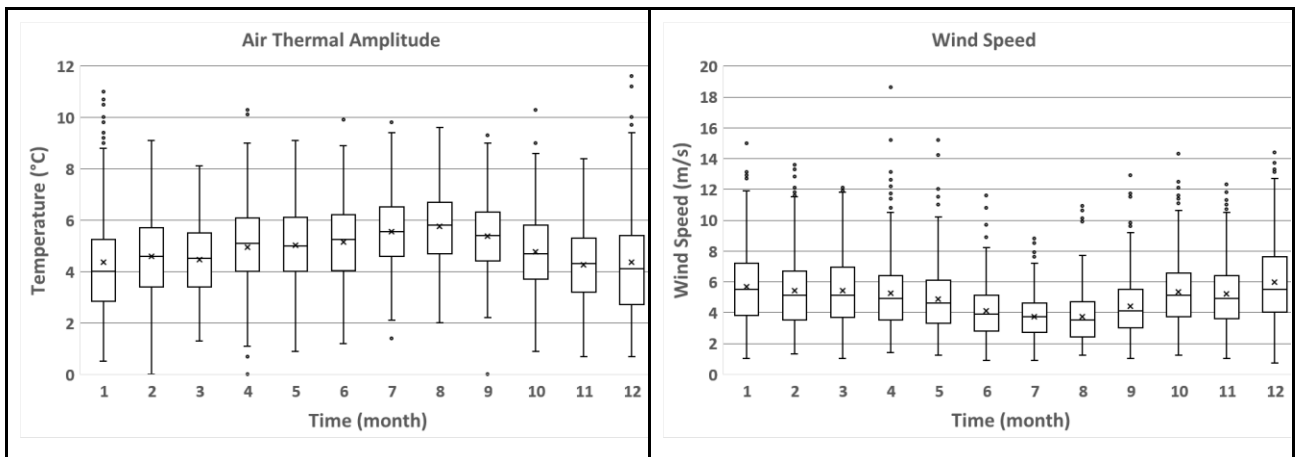


Figura 23. Caixas de bigodes relativas às variáveis meteorológicas, amplitude térmica diária (esquerda) e velocidade do vento (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019.

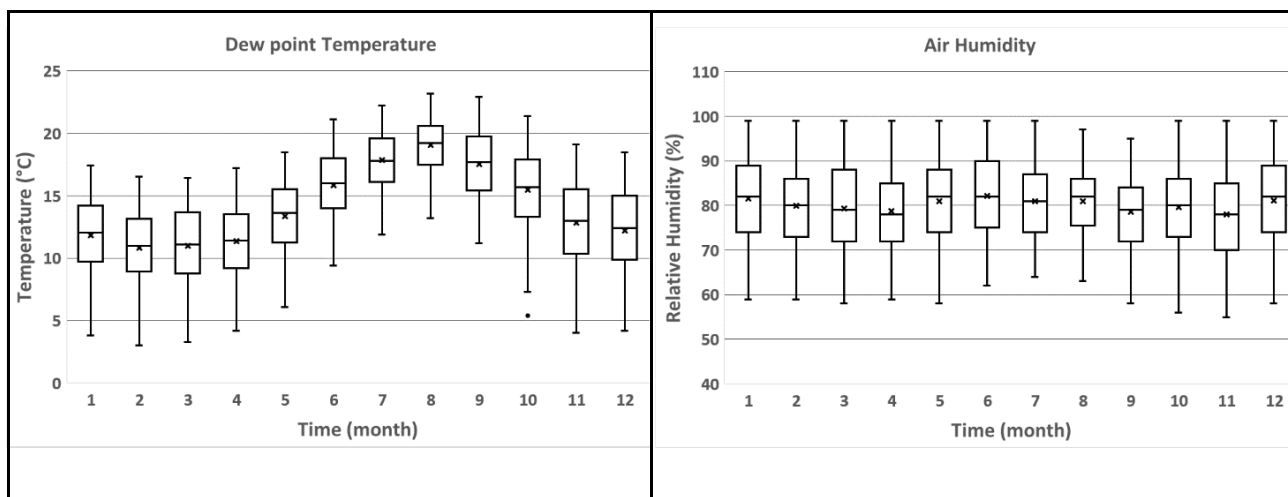


Figura 24. Caixas de bigodes relativas às variáveis meteorológicas temperatura do ponto de orvalho (esquerda) e humidade do ar (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019.

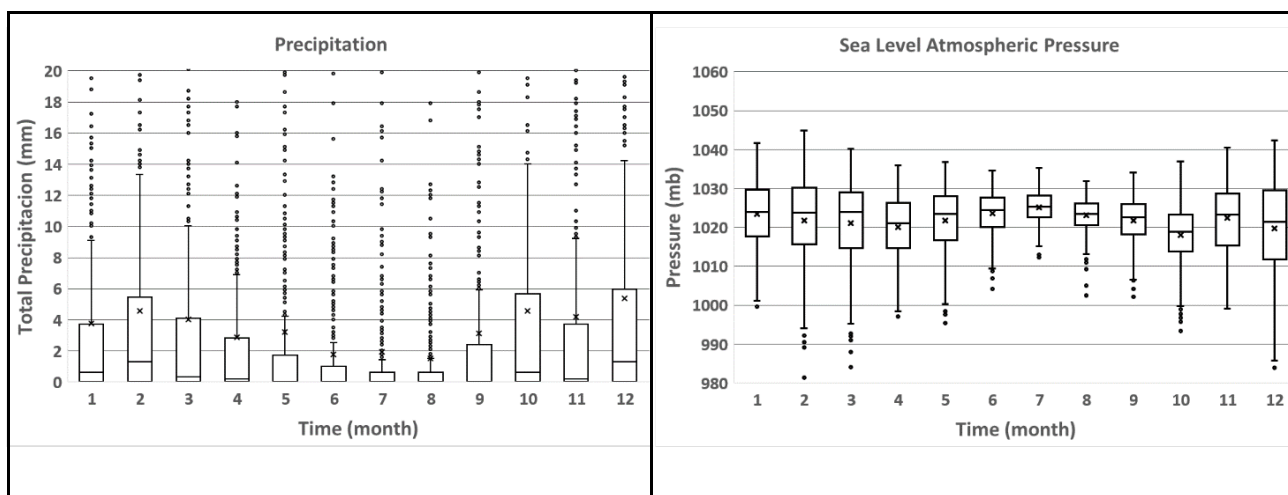


Figura 25. Caixas de bigodes relativas às variáveis meteorológicas precipitação (esquerda) e pressão atmosférica ao nível médio do mar (direita) observadas na estação meteorológica do Observatório Príncipe Alberto de Mónaco (Horta) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019.

Os valores médios diários da concentração de dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ) apresentam distribuições mensais relativamente semelhantes ao longo do ano, sem um padrão sazonal claro. Os valores diários são geralmente inferiores a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mas superiores aos valores de fundo para regiões marinhas ( $\sim 0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sugerindo por isso a presença de fontes emissoras próximas (figura 26) (Seinfeld, 2006).

Relativamente aos valores médios diários de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), as distribuições mensais obtidas não apresentam uma sazonalidade clara, mas claramente superior aos níveis

de fundo típicos da camada limite marinha ( $\sim 0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sugerindo por isso a presença de fontes de poluição relativamente próximas (figura 26) (Seinfeld, 2006).

Quanto aos valores médios diários da concentração de ozono à superfície ( $\text{O}_3$ ), as distribuições mensais apresentam um claro padrão sazonal, típico das regiões subtropicais do Atlântico Norte, isto é, com um máximo na primavera e um mínimo no verão, mas com valores ligeiramente acima dos níveis de fundo troposférico esperados para esta região ( $\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sugerindo a influência do transporte de larga escala de massas de ar poluídas, geralmente do continente americano (figura 27) (Seinfeld, 2006).

As concentrações médias diárias das partículas em suspensão com diâmetros inferiores a  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) apresentam um ligeiro comportamento sazonal, com máximos na primavera e mínimos no verão. Os máximos de primavera poderão estar relacionados com eventos de transporte de poeiras saarianas, os quais podem justificar os outliers verificados especialmente no mês de março (figura 27).

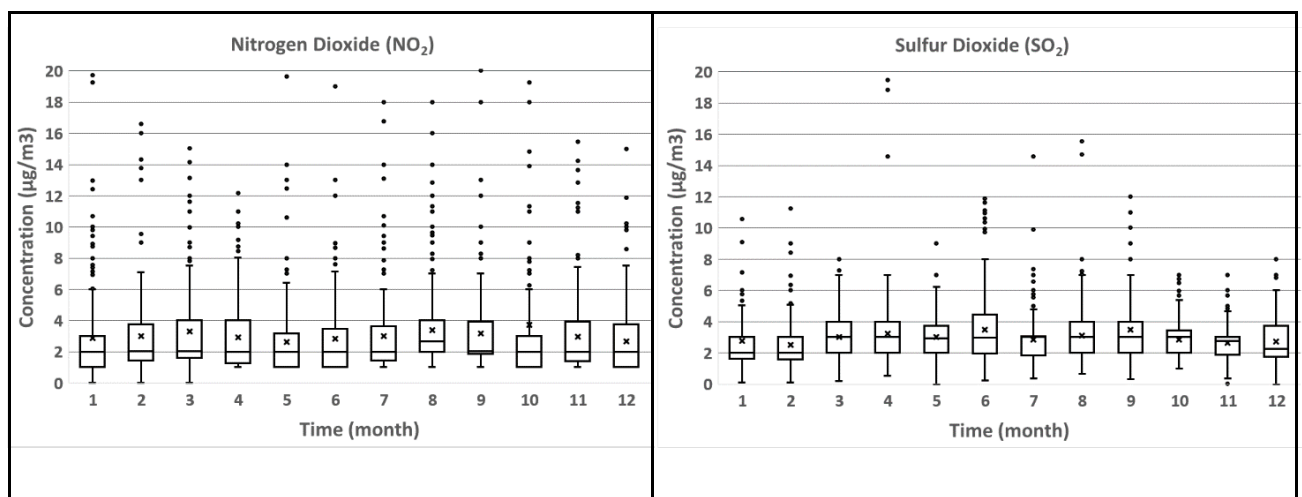


Figura 26. Caixas de bigodes relativas às variáveis da qualidade do ar  $\text{NO}_2$  (esquerda) e  $\text{SO}_2$  (direita) observadas na estação dos Espalhafatos (Faial) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019.

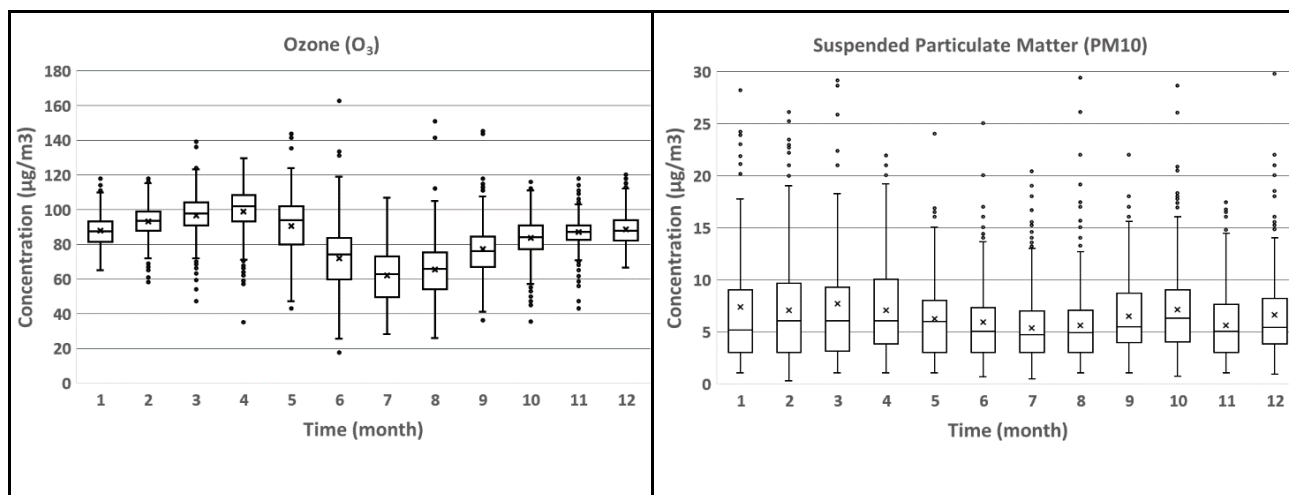


Figura 27. Caixas de bigodes relativas às variáveis da qualidade do ar O<sub>3</sub> (esquerda) e PM<sub>10</sub> (direita) observadas na estação dos Espalhafatos (Faial) para cada um dos meses do ano e no período de 2008 a 2019.

Na figura 28 apresenta-se uma análise de componentes principais (PCA) utilizando os totais mensais dos casos de Asma, Pneumonia e Rinite diagnosticados, em conjunto com as médias mensais das temperaturas diárias médias (Tam), máxima (Tmx), mínimas (Tmn), amplitude térmica diária (Tmx-Tmn), ponto de orvalho (TD), humidade relativa (HR) e velocidade do vento (FF), pressão ao nível médio do mar (Pnmm) bem como os totais mensais de precipitação (RR).

Pode verificar-se que a primeira componente explica cerca de 43 % da variância e que os meses de verão e outono (6 a 11) encontram-se distribuídos no lado positivo da PC1, onde se projetam os vetores das temperaturas, humidade relativa e pressão atmosférica. Do lado negativo, encontram-se distribuídos os meses de inverno e primavera (1 a 5 e 12) e os vetores da precipitação e do vento, bem como das doenças: asma, rinite e pneumonia. No entanto, os vetores das doenças são quase perpendiculares aos vetores do vento e da precipitação, sugerindo que se trata de dois conjuntos de variáveis pouco dependentes entre si.

No entanto, a amplitude térmica diária (Tmx-Tmn) apresenta uma pequena componente na direção contrária à asma e à pneumonia, revelando uma certa dependência em sentido contrário ou correlação negativa. Estes resultados indicam que estes casos têm uma certa tendência para ocorrerem nos meses de inverno e primavera, mas com pequenas amplitudes térmicas diárias e temperaturas e humidades relativamente baixas.

Na figura 29 encontra-se representada a análise PCA para as concentrações médias de ozono ( $O_3$ ), dióxido de azoto ( $NO_2$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e de partículas em suspensão inferiores a  $10\ \mu m$  ( $PM_{10}$ ).

Os resultados obtidos mostram que a PC1 explica apenas 29,4%, ou seja, menos que as variáveis meteorológicas. Por outro lado, verifica-se que os vetores das patologias apresentam uma direção mais próxima dos vetores de  $NO_2$  e  $SO_2$ , especialmente nos meses de inverno e primavera. Estes resultados indicam que a presença de poluentes primários como o  $NO_2$  e o  $SO_2$ , nos meses de inverno e primavera, podem contribuir para uma maior entrada nos SU de indivíduos com doenças em estudo. Curiosamente, as  $PM_{10}$  não apresentam dependências com estas doenças e a sua contribuição com a PC1 é praticamente nula, sendo mais significativa para a PC2.

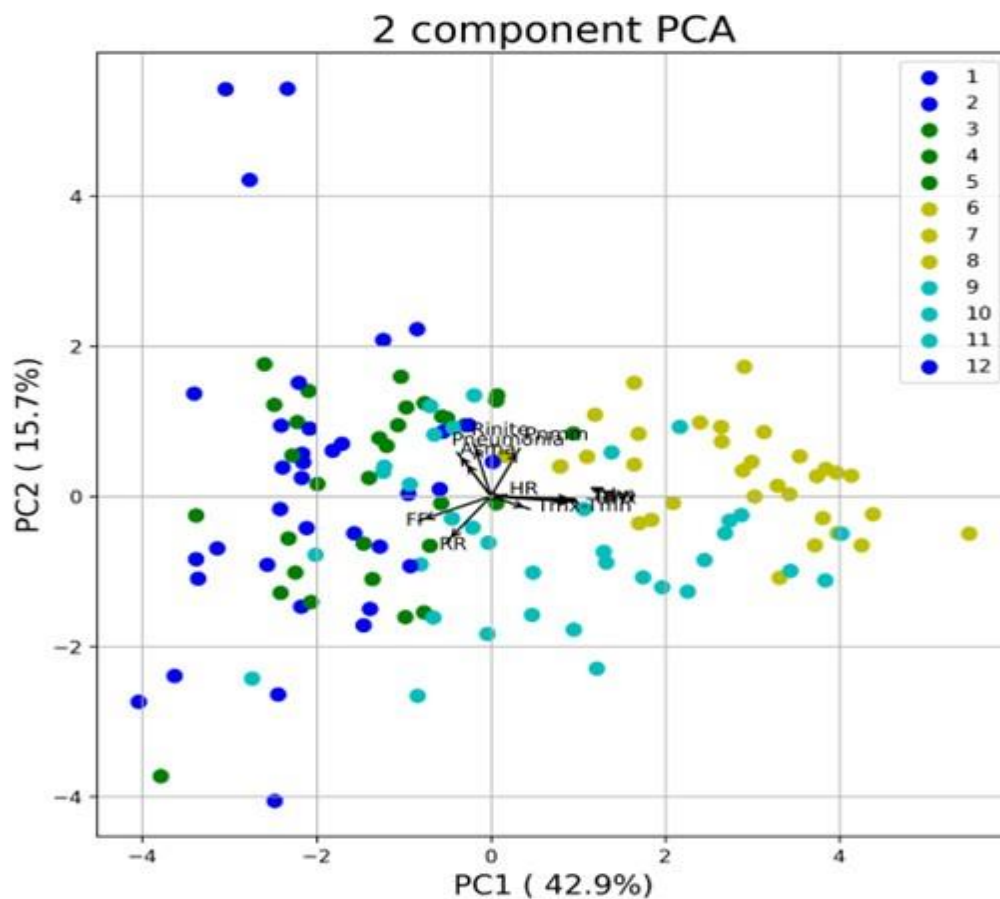


Figura 28. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais (PCA) para o conjunto de casos de Asthma, Rhinitis and Pneumonia, bem como para as médias mensais da pressão atmosférica ao nível médio do mar (Pnmm), temperaturas máximas (Tmx), mínima (Tmn) e media (Tam) diárias, amplitude térmica (Tmx-Tmn), ponto de orvalho (DP), humidade relativa (HR) e velocidade do vento (FF) média precipitação total (RR). Os pontos coloridos correspondem aos doze meses do ano (jan=1, fev= 2,..., dez=12).

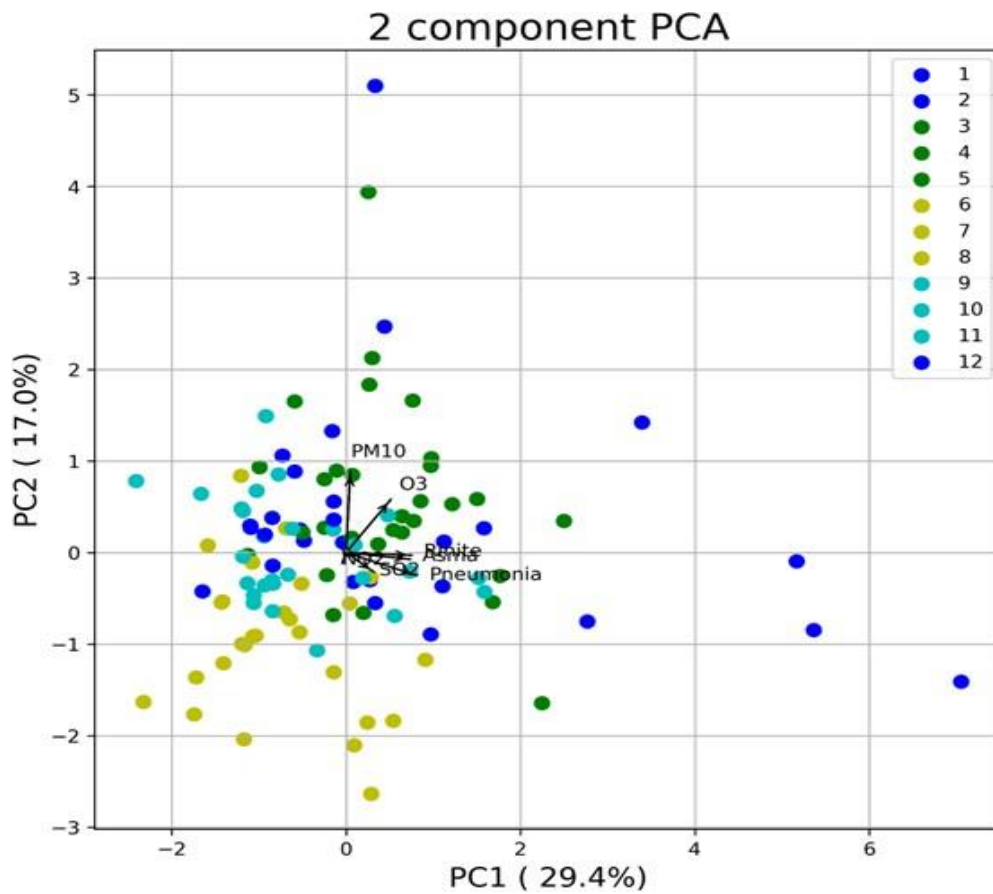


Figura 29. Representação gráfica das primeiras duas componentes principais (PCA) para o conjunto de casos mensais de Asthma, Rhinitis and Pneumonia, bem como para as médias mensais  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$  e  $\text{PM}_{10}$ . Os pontos coloridos correspondem aos doze meses do ano (jan=1, fev= 2,..., dez=12).

### C - Apuramentos semanais

À escala semanal, o número de admissões de casos com asma apresenta um padrão sazonal idêntico ao da amplitude térmica diária (Tmax-Tmin), com máximas no inverno, quando a amplitude térmica diária é menor, e mínimas no verão, quando a amplitude térmica diária é maior (figura 30). Este resultado pode ser complementado com a temperatura mínima diária, com máximos no inverno, quando as temperaturas mínimas são mais baixas, e mínimos no verão, quando as temperaturas mínimas são mais altas.

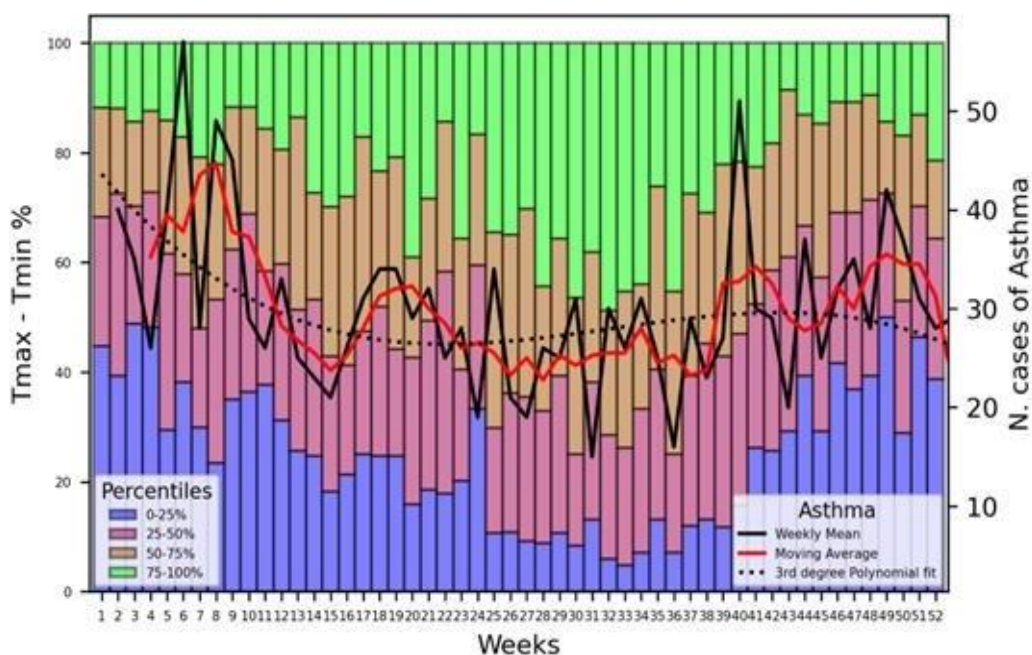


Figura 30. Média semanal de hospitalizações para os casos de asma (Asthma) e intervalos de percentis semanais para a amplitude térmica (Faial, 2009-2019).

Os resultados anteriores sugerem que a hospitalização de indivíduos com asma poderá estar relacionada a dias com temperaturas baixas e amplitudes térmicas reduzidas, o que implica em uma duração ou exposição a condições relativamente mais frias durante mais tempo que o normal (figura 31).

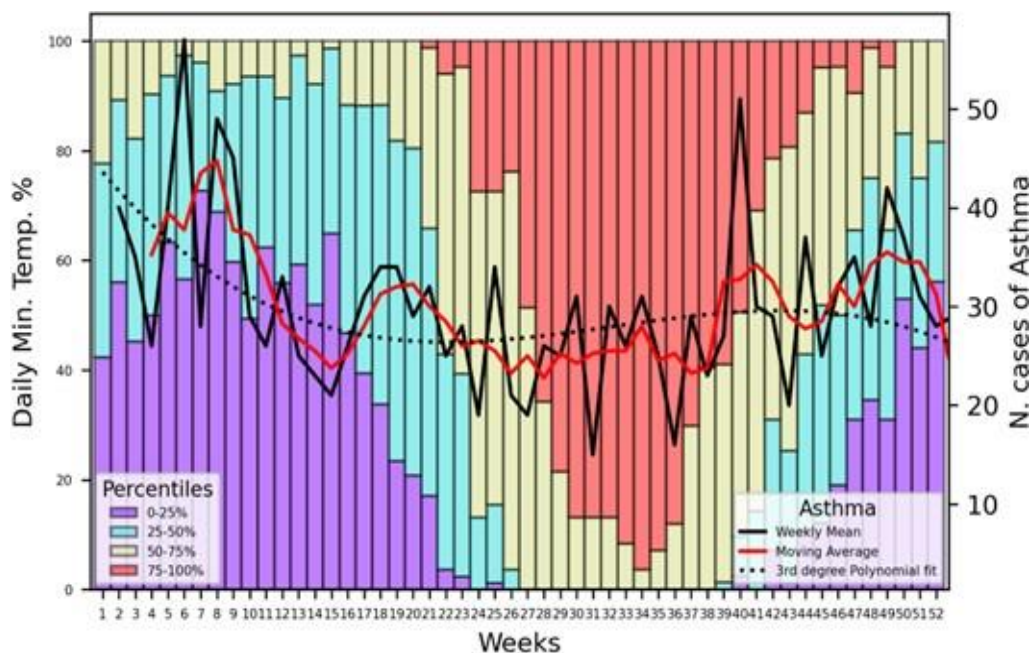


Figura 31. Média semanal de hospitalizações para os casos de asma (Asthma) e intervalos de percentis semanais para a temperatura mínima diária (Faial, 2009-2019).

Por outro lado, os resultados da velocidade média diária do vento mostram uma evolução oposta ao número de casos de asma, com os valores mais baixos nos meses de verão, sugerindo que pode haver alguma relação com partículas em suspensão (poeira, pólen, aerossóis, etc.) levantadas localmente pelo vento e mais frequentes nos meses de inverno, primavera e outono, favorecendo assim o agravamento desta doença (figura 32).

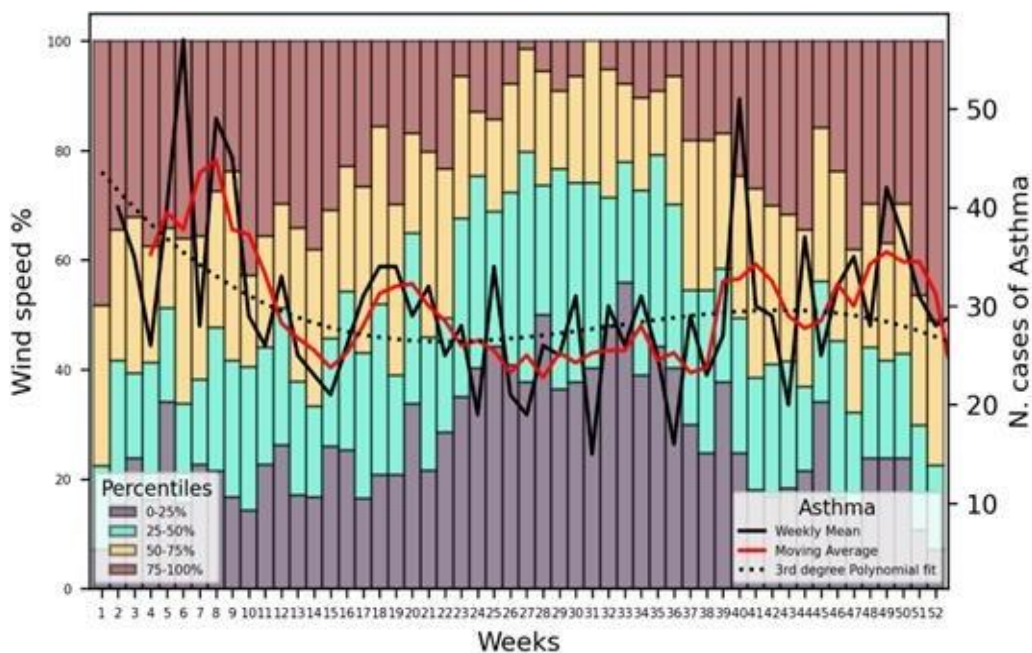


Figura 32. Média semanal de hospitalizações para os casos de asma (Asthma) e intervalos de percentis semanais para a velocidade do vento diária (Faial, 2009-2019).

O número de hospitalizações semanais de casos de Pneumonia apresenta um padrão sazonal com máximo no final do inverno, onde o ponto de orvalho apresenta valores mais baixos, com mínimo no outono, logo após os máximos do ponto de orvalho. Esses resultados sugerem que condições de baixo ponto de orvalho (baixa humidade específica) podem favorecer o afluxo de casos de pneumonia. Por outro lado, condições de ponto de orvalho mais alto podem não favorecer ou até mesmo neutralizar a afluência desses pacientes (figura 33).

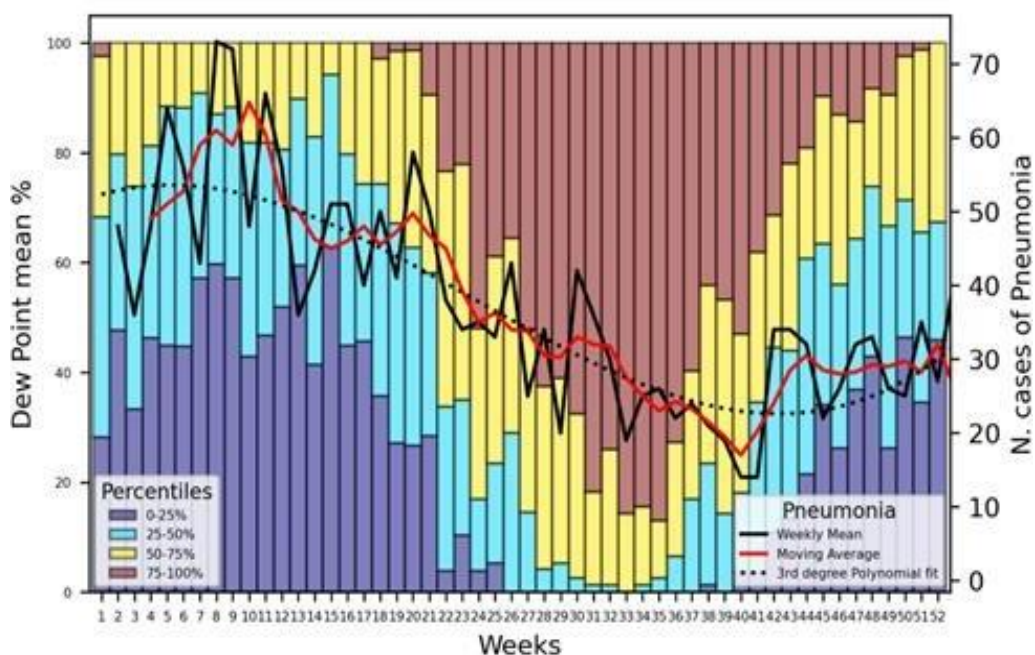


Figura 33. Média semanal de hospitalizações para os casos de pneumonia (Pneumonia) e intervalos de percentis semanais para a temperatura do ponto de orvalho média diária (Faial, 2009-2019).

Em relação ao número de casos semanais de rinite, os resultados não mostram um padrão sazonal claro. No entanto, é possível identificar um máximo maior no final do inverno e um máximo menor no final da primavera, seguido por um mínimo maior no outono. Por outro lado, a evolução das temperaturas mínimas sugere que o desaparecimento do primeiro quartil, onde as temperaturas mínimas são inferiores a 13,1°C, coincide com a diminuição de casos, e que o reaparecimento deste quartil em outubro coincide também com o aumento do número de casos. Estes resultados sugerem, em parte, que os dias mais frios podem favorecer o agravamento desta patologia, mas a razão da ocorrência dos dois máximos, ou o mínimo relativo verificado em março, permanece por explicar (figura 34).

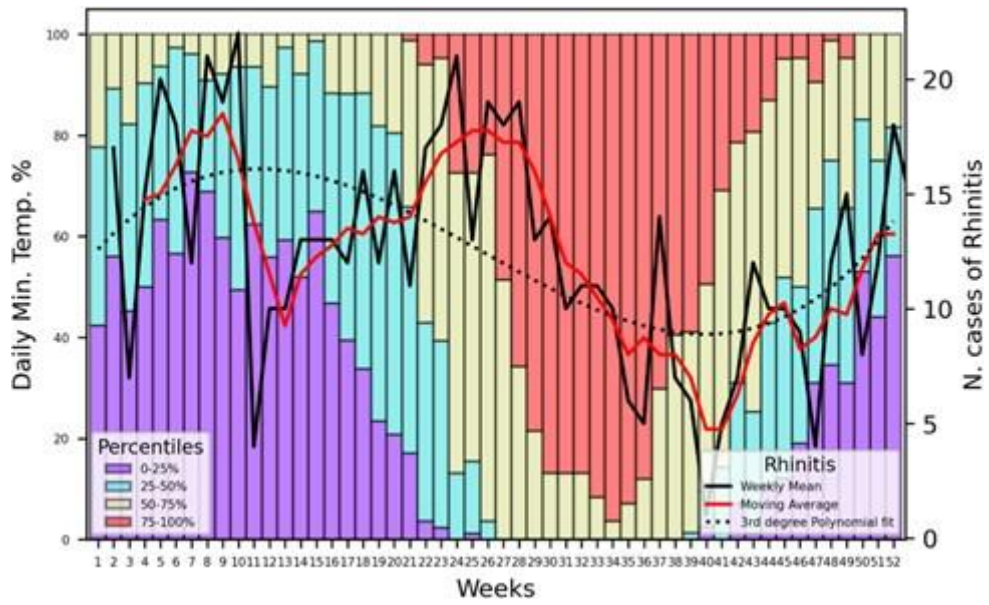


Figura 34. Média semanal de hospitalizações para os casos de rinite (Rhinitis) e intervalos de percentis semanais para a temperatura mínima diária (Faial, 2009-2019).

## 4. Conclusões

### A - Conclusões

As conclusões práticas deste estudo podem ser resumidas nos seguintes pontos.

1. No caso da asma, a afluência de indivíduos aos serviços hospitalares relaciona-se com dias com temperaturas baixas e amplitudes térmicas reduzidas, o que implica uma duração da exposição a condições relativamente mais frias por mais tempo que o normal;
2. sugere-se uma relação com as partículas em suspensão (poeira, pólen, aerossóis, etc.) levantadas localmente pelo vento e mais frequentes nos meses de inverno, primavera e outono, favorecendo assim o agravamento desta doença.
3. No caso da pneumonia, condições de baixo ponto de orvalho (baixa humidade específica) favorecem o afluxo hospitalar de casos com esta doença; por outro lado, condições de ponto de orvalho mais alto contrariam a afluência desses pacientes.
4. No caso da rinite, embora não exista um padrão sazonal claro, é possível identificar um máximo maior no final do inverno e um máximo menor no final da primavera, seguido de um mínimo maior no outono; por outro lado, os dados sugerem que os dias mais frios podem promover o agravamento desta doença.
5. Com relação ao conjunto das doenças respiratórias estudadas (asma, pneumonia e rinite) os resultados indicam que a presença de poluentes primários como o dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ) (Anenberg *et al.*, 2022) e dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) (Kim *et al.*, 2021) nos meses de inverno e primavera, pode contribuir para um maior número de indivíduos com as doenças tratadas; curiosamente, no presente estudo não se encontrou uma relação clara entre os níveis de partículas ( $\text{PM}_{10}$ ) e as referidas doenças.
6. Sobre a qualidade do ar, será importante notar o facto dos valores encontrados estarem acima do esperado para esta região atlântica: (a) os valores médios diários da concentração de  $\text{NO}_2$  são geralmente inferiores a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mas superiores aos valores de fundo para regiões marinhas ( $\sim 0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sugerindo por isso a presença de fontes emissoras próximas (figura 24); (b) os valores médios diários da concentração de  $\text{SO}_2$ , são claramente superiores aos níveis de fundo típicos da camada limite marinha ( $\sim 0.14$

- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sugerindo por isso a presença de fontes de poluição relativamente próximas (figura 24); (c) as distribuições mensais dos valores médios diários da concentração de ozono à superfície ( $\text{O}_3$ ), apresentam valores ligeiramente acima dos níveis de fundo troposférico esperados para esta região ( $\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sugerindo a influência do transporte de larga escala de massas de ar poluídas, geralmente do continente americano (figura 25); (d) as concentrações médias diárias das partículas em suspensão com diâmetros inferiores a  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) apresentam máximos de primavera que poderão estar relacionados com eventos de transporte de poeiras saarianas (figura 25).
7. Com exceção da rinite, verifica-se uma tendência negativa desde 2010 na evolução do total de internamentos por doenças respiratórias (figuras 10 a 11); o que poderá estar relacionado com as tendências observadas no mesmo período para algumas das variáveis meteorológicas e da qualidade do ar em estudo.
  8. Assim, no período considerado, verifica-se que (a) a temperatura do ar, apresenta uma tendência positiva (figuras 12); (b) a precipitação apresenta desde 2009 uma tendência negativa; (c) a humidade relativa e o ponto de orvalho apresentam tendências positivas, em contraste com a precipitação (figura 13); (d) a velocidade média do vento e a amplitude térmica diária apresentam tendências positivas desde 2012 (figura 13); (e) com exceção do  $\text{NO}_2$ , as concentrações dos restantes poluentes apresentam tendências negativas (figura 14).
  9. Ainda decorrente dos apuramentos anuais os resultados indicam que (a) a pneumonia e asma poderão estar associadas a elevadas concentrações de  $\text{SO}_2$ ; (b) as concentrações de ozono à superfície correlacionam-se positivamente com os casos de rinite; (c) enquanto as concentrações de  $\text{NO}_2$  poderão estar correlacionadas negativamente (este último resultado poderá estar condicionado pelas reações químicas na atmosfera que levam a produção de ozono através da fotólise do  $\text{NO}_2$  em regiões pouco poluídas); (d) as partículas em suspensão ( $\text{PM}_{10}$ ) apresentam uma pequena correlação negativa com a pneumonia; (e) as três doenças apresentam uma correlação entre si, bem como com o  $\text{O}_3$  e o  $\text{SO}_2$ .

## B – Discussão

O presente trabalho realizado para o Faial mostra a existência de relações entre os padrões de hospitalização e os fatores meteorológicos (ou climáticos) específicos (temperatura do ar, ponto de orvalho, humidade relativa, precipitação e vento) às escalas anual, mensal e semanal. Além disso, é evidenciado que a qualidade do ar (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e PM<sub>10</sub>) pode contribuir para um maior número de indivíduos com as doenças respiratórias tratadas.

A contribuição deste estudo efetuado para o período dos anos mais recentes e inserido já no cenário atual de mudança climática (Carvalho *et al.*, 2021; Meirelles *et al.*, 2022) foca-se nas áreas da saúde (medicina e gestão hospitalar) e mudança climática (impacto do aquecimento global na saúde e conforto humano).

O impacto dos fatores atmosféricos na saúde humana ou, se quisermos ser mais específicos, a sua contribuição efetiva no desencadear e exacerbar de determinadas doenças, tem sido cada vez mais alvo de pesquisa científica para diferentes locais e com metodologias diversas.

Assim, o atual estado da arte mostra-nos que, havendo aspetos gerais mais ou menos consensuais (por exemplo a temperatura do ar influencia a asma), haverá ainda outros específicos por conhecer (temperatura média ou mínima ou máxima).

O problema vai muito para além de avaliar as sensações causadas no corpo humano pelo ambiente atmosférico (bioclimatologia), caracterizado por uma série de parâmetros físicos discretos ou pelas suas combinações. Esses parâmetros geralmente são representados pelos elementos meteorológicos e as várias combinações desses elementos constituem variáveis complexas como (sensação térmica, temperatura efetiva, etc.) que implicam uma reação do corpo ao meio ambiente (Landsberg, 1972).

Por exemplo, sabe-se que a asma na infância e a asma de início na idade adulta partilham muitas das causas e exacerbadores (Dharmage *et al.*, 2019). Embora haja evidências mais fortes sobre o papel dos fatores ambientais mais como exacerbadores do que como causas, há evidências crescentes de interações entre fatores ambientais e outros fatores intrínsecos, como genética e atopia, para potencialmente causar asma. A grande maioria da asma de início na infância manifesta-se como um fenótipo alérgico, enquanto há uma predominância do fenótipo não alérgico na asma de início na idade adulta. No entanto, tanto a asma alérgica quanto a não alérgica podem apresentar respostas individuais a triggers aéreos

alérgicos e não alérgicos, como pelos de animais, pólen e esporos de mofo (fúngicos), alérgenos alimentares, fumo de tabaco ou outras exposições a poluentes (Dharmage *et al.*, 2019).

Por último, há que distinguir o papel que os fatores meteorológicos possam ter na doença propriamente dita, e no favorecimento do contágio no caso de doenças transmissíveis como por exemplo a COVID-19, gripe ou pneumonia (condições de tempo frio, chuva ou mesmo vento, favorecem a procura de locais interiores muitas vezes sem ventilação adequada e onde os indivíduos permanecem em contacto próximo por períodos suficientes para o contágio).

### **C - Propostas para futuro**

Como recomendação final, referimos alguns aspetos que se consideram relevantes para futuros estudos na área das doenças respiratórias: (1) estender o presente estudo aos restantes hospitais dos Açores (Ponta Delgada e Angra do Heroísmo); (2) proceder à sua atualização periódica; (3) promover estudos de avaliação das condições do ambiente interior em espaços fechados (creches, escolas, lares, habitações); (4) desenvolver estudos no sentido de esclarecer o mecanismo da inter-relação entre determinantes ambientais e genéticos para identificar grupos de alto risco e principais exposições (Dharmage *et al.* , 2019); (5) realizar mais experiências laboratoriais mais controladas (Strauss *et al*, 1978).

## Referências Bibliográficas

1. Abe, T. *et al.* The relationship of short-term air pollution and weather to ED visits for asthma in Japan. *Am. J. Emerg. Med.* 27, 153–159 (2009).
2. Analysis, A. A. T. *et al.* Effects of Meteorological Factors on Daily Hospital Admissions for Asthma in Effects of Meteorological Factors on Daily Hospital Admissions for Asthma in Adults: A Time-Series Analysis. (2014) doi:10.1371/journal.pone.0102475.
3. Anenberg, S. C. *et al.* Long-term trends in urban NO<sub>2</sub> concentrations and associated paediatric asthma incidence: estimates from global datasets. *Lancet Planet. Heal.* 6, e49–e58 (2022).
4. Ahmetaj, Luljeta. (2014). The Global Asthma Report 2014.
5. Bodaghkhani, E., Mahdavian, M., Maclellan, C., Farrell, A. & Asghari, S. Effects of meteorological factors on hospitalizations in adult patients with asthma: A systematic review. *Can. Respir. J.* 2019, (2019).
6. Carvalho, F., Meirelles, M., Henriques, D. & Navarro, P. de eventos extremos nos Açores. (2016).
7. Carvalho, Fernanda & Meirelles, Maria & Henriques, Diamantino & Navarro, Patricia. (2021). Alterações Climáticas e Energia no contexto dos Açores.
8. Carvalho, F., Martins, D., Meirelles, M. & Vasconcelos, H. Weather and Air Quality Factors Contribution to the Hospital Admissions of Patients with Respiratory Diseases : Case Study of Faial Island ( Azores ). 31, (2022).
9. Dharmage, S. C., Perret, J. L. & Custovic, A. Epidemiology of asthma in children and adults. *Frontiers in Pediatrics* vol. 7 (2019).

10. Fitzgerald, E. F, York, N.,Pantea, C. & Lin, S. Cold Spells and the Risk of Hospitalization for Asthma: 947–954 (2014) doi:10.1007/s00408-014-9645-y. *News.Ge* <https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava> (20189).
11. Kim, S. H. *et al.* Allergic rhinitis is associated with atmospheric SO<sub>2</sub> : Follow-up study of children from elementary schools in Ulsan , Korea. 1–18 (2021) doi:10.1371/journal.pone.0248624.
12. Koper, I., Hufnagl, K. & Ehmann, R. Gender aspects and influence of hormones on bronchial asthma - Secondary publication and update. *World Allergy Organ. J.* 10, 1–7 (2017).
13. Koskela, H. O. Cold air-provoked respiratory symptoms: the mechanisms and management Cold Air-Provoked Respiratory Symptoms: The Mechanisms and Management. 3982, (2017).
14. Landsberg, H. E. The Assessment of Human Bioclimate - a limited review of physical parameters. *World Meteorol. Organ.* TECHNICAL, 1–36 (1972).
15. Li, M., Li, Q., Yang, G., Kolosov, V. P. & Perelman, J. M. Cold temperature induces mucin hypersecretion from normal human bronchial epithelial cells in vitro through a transient receptor potential melastatin 8 (TRPM8 – mediated mechanism. *J. Allergy Clin. Immunol.* 128, 626-634.e5.
16. May, L., Carim, M. & Yadav, K. Adult asthma exacerbations and environmental triggers: a retrospective review of ED visits using an electronic medical record. *Am. J. Emerg. Med.* 29, 1074–1082 (2011).
17. Marino, P., Bryden, C., Bird, W., Watkin, H. A. & Office, M. Section 2. 15, 185–186 (2006
18. Meirelles, M., Carvalho, F., Porteiro, J., Henriques, D. & Navarro, P. Climate Change and Impact on Renewable energies in the Azores Stratetig Visions for Sustainability.1–13 (2022).

19. Michelozzi P, Accetta G, De Sario M, D'Ippoliti D, Marino C, Baccini M, Biggeri A, Anderson HR, Katsouyanni K, Ballester F, Bisanti L, Cadum E, Forsberg B, Forastiere F, Goodman PG, Hojs A, Kirchmayer U, Medina S, Paldy A, Schindler C, Sunyer J, Perucci CA; PHEWE Collaborative Group. High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Mar 1;179(5):383-9. doi: 10.1164/rccm.200802-217OC. Epub 2008 Dec 5. PMID: 19060232.
20. Peixoto, J. P. & Oort, A. H. *Physics of Climate*. (Springer, 1992).
21. Sears, M. R. Asthma: epidemiology, etiology and risk factors. (2014) doi:10.1503/cmaj.080612.
22. Seinfeld, J. H. & Wiley, J. *ATMOSPHERIC From Air Pollution to Climate Change SECOND EDITION* (2006).
23. Sousa, C., Soares, A., Morais, L., Silva, R. Indicadores de Saúde 2013 - 2028, Região Autónoma dos Açores Secretaria Regional da Saúde Gabinete da Secretária Regional Divisão de Estudos, Planeamento e Documentação. (2019).
24. Strauss, R. H., Jr, E. C. D. & Jaeger, J. J. induced by exercise in asthma. Influence of Heat and Humidity on the Airway Obstruction Induced by Exercise in Asthma. 61, 433–440 (1978).
25. Strickland, M. J. *et al*. Short-term Associations between Ambient Air Pollutants and Pediatric Asthma Emergency Department Visits. (2004) doi:10.1164/rccm.200908-1201OC.
26. Subbarao P, Mandhane PJ, Sears MR. Asthma: epidemiology, etiology and risk factors. *CMAJ*. 2009 Oct 27;181(9):E181-90. doi: 10.1503/cmaj.080612. Epub 2009 Sep 14. PMID: 19752106; PMCID: PMC2764772.
27. Teresa, To. et al. Global asthma prevalence in adults: Findings from the cross-sectional world health survey. *BMC Public Health* 12, 204 (2012).

28. Zhang L, Prietsch SO, Ducharme FM. Inhaled corticosteroids in children with persistent asthma: effects on growth. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014 Jul 17;2014(7):CD009471. doi: 10.1002/14651858.CD009471.pub2. PMID: 25030198; PMCID: PMC8407362.