

O estudo documental da tempestuosidade em São Miguel (Açores) entre 1999 e 2019

Dissertação de Mestrado

Rodrigo Amaral Sousa

Mestrado em

Ambiente, Saúde e Segurança



O estudo documental da tempestuosidade em São Miguel (Açores) entre 1999 e 2019

Dissertação de Mestrado

Rodrigo Amaral Sousa

Orientador

Doutor Paulo Jorge Soares de Amaral Borges

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



“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

ÍNDICE GERAL

Índice de Tabelas.....	II
Índice de Figuras.....	III
Resumo.....	VI
Abstract.....	VII
Agradecimentos.....	VIII
1. Introdução.....	1
2. Metodologia.....	4
3. Enquadramento dos Açores.....	7
4. Tempestuosidade nos Açores entre 1835 e 1998.....	13
5. Tempestuosidade entre 1999 e 2019.....	22
5.1. Registo documental.....	22
5.2. Tempestuosidade em São Miguel.....	22
5.2.1. Séries de tempestuosidade.....	22
5.2.2. Caracterização da tempestuosidade.....	29
5.3. Tempestuosidade nos Açores.....	30
5.3.1. Séries de tempestuosidade.....	30
5.3.2. Caracterização da tempestuosidade.....	37
6. Discussão e conclusões.....	39
Referências Bibliográficas.....	45
Anexos.....	51
Anexo 1 – Ficha de levantamento de dados para tempestades.....	52
Anexo 2 – Série A: Lista de tempestades para São Miguel entre 1999 e 2019.....	54
Anexo 3 – Série B: Lista de tempestades para os Açores entre 1999 e 2019.....	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Dados estatísticos da Série A (com os 4 tipos de eventos) Composta (<i>in</i> Borges, 2003).....	20
Tabela 2 – Dados estatísticos da tempestuosidade em São Miguel entre 1999 e 2019..	29
Tabela 3 – Dados estatísticos da tempestuosidade nos Açores entre 1999 e 2019.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do arquipélago dos Açores (<i>in Calado et al., 2018</i>).....	7
Figura 2 – Histograma de frequência absoluta anual das tempestades, curva de frequência acumulada e curva de médias móveis (5 anos), obtidas a partir do jornal Açoriano Oriental e referentes à Série A (composta pelos 4 tipos de eventos). O gráfico inserido corresponde à informação equivalente proveniente do jornal Açores (<i>in Borges, 2003</i>).....	14
Figura 3 – Histograma de frequência absoluta anual das tempestades, curva de frequência acumulada e curva de médias móveis (5 anos), obtidas a partir do jornal Açoriano Oriental e referentes à Série A (constituída apenas por eventos com expressão marinha explícita – tipo A e D). O gráfico inserido corresponde à informação equivalente proveniente do jornal Açores (<i>in Borges, 2003</i>).	15
Figura 4 – Histogramas da frequência absoluta anual das tempestades, curva de frequência acumulada, curva de médias móveis (5 anos) e ajuste de regressão linear referentes às duas Séries Compostas resultantes da junção da informação do jornal Açoriano Oriental e Açores (A: Série A Composta; B: Série B Composta) (<i>in Borges, 2003</i>).	16
Figura 5 – Histograma da frequência absoluta anual de dias tempestuosos, curva de frequência acumulada, curva de médias móveis (5 anos) e ajuste de regressão linear referentes à Série A Composta. Os gráficos inseridos são equivalentes para o inverno (<i>in Borges, 2003</i>).....	18
Figura 6 – Séries temporais, referentes à Série A Composta, da frequência das tempestades de acordo com a sua intensidade, agrupadas por décadas. O gráfico inserido corresponde a informação equivalente para o inverno (<i>in Borges, 2003</i>).....	19
Figura 7 – Histograma de frequência absoluta anual de tempestades para São Miguel (do tipo A, B, C e D conforme descrito no Capítulo 2), curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear. O gráfico inserido é equivalente ao inverno.....	23

Figura 8 – Histograma de frequência absoluta anual de tempestades de origem marinha (tipo A e D) para São Miguel, curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear.	24
Figura 9 – Histograma de frequência absoluta anual de dias tempestuosos para São Miguel, curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear. O gráfico inserido é equivalente ao inverno.	25
Figura 10 – A: gráfico circular de frequência absoluta anual de tempestades para cada mês para São Miguel. B: gráfico circular de frequência absoluta anual de dias tempestuosos para cada mês.	26
Figura 11 – Séries temporais da frequência absoluta anual das tempestades de acordo com a sua intensidade para São Miguel (A: Intensidade I; B: Intensidade II; C: Intensidade III+IV).	27
Figura 12 – Séries temporais da frequência absoluta anual de dias tempestuosos de acordo com a sua intensidade para São Miguel (A: Intensidade I; B: Intensidade II; C: Intensidade III+IV).	28
Figura 13 – Histograma de frequência absoluta anual de tempestades para os Açores (do tipo A, B, C e D conforme descrito no capítulo 2), curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear. O gráfico inserido é equivalente ao inverno.	31
Figura 14 – Histograma de frequência absoluta anual de tempestades de origem marinha (tipo A e D) para os Açores, curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear.	32
Figura 15 – Histograma de frequência absoluta anual de dias tempestuosos para os Açores, curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear. O gráfico inserido é equivalente ao inverno.	33
Figura 16 – A: gráfico circular de frequência absoluta anual de tempestades para cada mês para os Açores. B: gráfico circular de frequência absoluta anual de dias tempestuosos para cada mês.	34

Figura 17 – Séries temporais da frequência absoluta anual das tempestades de acordo com a sua intensidade para os Açores (A: Intensidade I; B: Intensidade II; C: Intensidade III+IV). 35

Figura 18 – Séries temporais da frequência absoluta anual de dias tempestuosos de acordo com a sua intensidade para os Açores (A: Intensidade I; B: Intensidade II; C: Intensidade III+IV). 36

RESUMO

Localizada no Atlântico Norte, a ilha de São Miguel é a maior e a mais populosa do arquipélago dos Açores sendo também aquela que maior pressão antrópica tem sofrido. Consequentemente, num ambiente de alterações climáticas e sendo as Ilhas Pequenas sistemas muito sensíveis, importa perceber como a tempestuosidade tem afetado a população e como tem evoluído nas últimas décadas em termos de frequência, durabilidade e intensidade.

O presente trabalho incidiu sobre a pesquisa em registo documental histórico (jornal Açoriano Oriental de 1999 a 2019) para estruturar séries temporais de parâmetros meteorológicos para a ilha de São Miguel. Nesta tarefa foi utilizada a metodologia desenvolvida por Borges (2003) para o estudo da tempestuosidade nos Açores entre 1835 e 1998. Deste modo foi possível elaborar séries de tempestuosidade para São Miguel entre 1999 e 2019 e por forma a obter uma base de dados de espectro largo, a recolha de dados realizada para o arquipélago dos Açores permitiu igualmente construir uma série para o Arquipélago para o mesmo período. Deste modo, para além de se caracterizar a tempestuosidade em São Miguel no referido período de anos foi possível fazer o mesmo para os Açores. Estabeleceu-se igualmente a comparação entre a tempestuosidade específica de São Miguel com a dos Açores em geral. Adicionalmente, a caracterização da tempestuosidade nos Açores entre 1999 e 2019 permitiu relacioná-la com tempestuosidade nos Açores para o período entre 1835 e 1998.

Especificamente em São Miguel registaram-se 200 tempestades e 437 dias tempestuosos enquanto nos Açores ocorreram 571 tempestades e 555 dias de temporal entre 1999 e 2019. Concluiu-se que a tempestuosidade em São Miguel e nos Açores apresenta uma variação interanual e ao longo do tempo, assim como geograficamente diferindo de ilha para ilha, tendo por exemplo sido identificadas 71 tempestades e 118 dias tempestuosos para os Açores em geral que não foram registados em São Miguel. No período estudado houve uma evolução na tempestuosidade tendo aumentado a frequência dos eventos extremos.

Torna-se, pois, de extrema importância uma boa gestão territorial por forma a mitigar os impactos das tempestades nas ilhas dos Açores.

Palavras-chave: São Miguel, Açores, tempestuosidade, tempestades, eventos extremos.

ABSTRACT

Located in the North Atlantic, the island of São Miguel is the largest and most populated in the Azores archipelago and is also the one that has suffered the greatest anthropogenic pressure. Consequently, in an environment of climate change and being the Small Islands very sensitive systems, it is important to understand how the storminess have affected the population and how it has evolved in the last decades in terms of frequency, durability and intensity.

The present work focused on the research in historical documentary record (Açoriano Oriental newspaper from 1999 to 2019) to structure time series of meteorological parameters for the island of São Miguel. In this task, the methodology developed by Borges (2003) for the study of the storminess in the Azores between 1835 and 1998 was used. Series of storminess were produced for São Miguel between 1999 and 2019 and in order to obtain a database of broad spectrum, the data collection carried out for the Azores archipelago also allowed the construction of a series for the archipelago for the same period. In addition to characterizing the storminess in São Miguel in the that period, it was possible to do the same for the Azores. A comparison was also established between the specific storminess of São Miguel Island and that of the Azores in general. Additionally, the characterization of storminess in the Azores between 1999 and 2019 allowed to correlated it with the storminess in the Azores for the period between 1835 and 1998.

Specifically in São Miguel there were 200 storms and 437 stormy days while in the Azores there were 271 storms and 555 storm days between 1999 and 2019. Storminess in São Miguel and the Azores presents an inter-annual variability and also vary over time, as well as differing geographically from island to island. For example, 71 storms and 118 stormy days were identified for the Azores in general that were not recorded in São Miguel. During the studied period, there was an evolution in the storminess with an increase in the frequency of extreme events.

It is therefore extremely important to have good territorial management in order to mitigate the impacts of the storminess on the islands of the Azores.

Key-words: São Miguel, Azores, storminess, storms, extreme events.

AGRADECIMENTOS

A realização e concretização desta dissertação contou com a valiosa ajuda de diversas pessoas e entidades. A todos eles o meu obrigado. De uma maneira especial agradeço:

Ao Doutor Paulo Borges, meu orientador, por toda a disponibilidade e cooperação nesta etapa final e mais importante do Mestrado. Um percurso que se iniciou na Licenciatura como professor e orientador também. Desde a sugestão do tema, até toda ajuda e simpatia nesta jornada foram essenciais através do seu conhecimento empírico e científico.

À diretora do MASS, Professora Doutora Maria da Anunciação Mateus Ventura, pela disponibilidade e ajuda na procura de orientador.

Aos funcionários da Biblioteca Pública e Arquivo Regional de Ponta Delgada, ao longo dos meses da minha pesquisa documental, pela amabilidade e paciência.

À minha prima e à minha amiga, Marina Amaral e Carolina Marcos respetivamente, pelo apoio na consulta do Açoriano Oriental na Biblioteca Pública e Arquivo Regional de Ponta Delgada.

Aos meus colegas de curso por toda a partilha de conhecimento e opinião, principalmente a Maria Marques e a Marta Furtado que foram fundamentais e companheiras ao longo desta caminhada.

À Professora Doutora Sílvia Quadros e à minha colega Vera Raposo do projeto MITIMAC pelo apoio nesta última fase.

Por último e não menos importante aos meus pais, irmão, avó, tio, família e amigos por toda a paciência e por me apoiarem e acreditarem que eu era capaz.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da tempestuosidade no litoral da Europa tem incidido nas latitudes mais altas do Atlântico Norte (e.g. Lamb, 1991; Hickey, 1997; Dawson *et al.*, 2004; Barcikowska *et al.*, 2018; Krueger *et al.*, 2019; Oltmanns *et al.*, 2020), apesar de também ter sido objeto de estudo, de modo mais parco, nas latitudes mais baixas do hemisfério norte (e.g. Andrade *et al.*, 1996; Pirazzoli e Tomasin, 1999; Almeida *et al.*, 2011). Todavia, nos Açores, localizados numa zona privilegiada – em pleno Atlântico Norte – com uma área de coleta significativa que permite o desenvolvimento de condições sinópticas que condicionam a tempestuosidade na Europa continental, o seu estudo tinha sido um pouco mais descurado. Neste contexto, Dawson *et al.* (2001) apresentaram dados preliminares sobre a tempestuosidade e a sua relação com a Oscilação do Atlântico Norte (NAO) para os Açores e para a região norte do Atlântico Norte. Posteriormente Borges (2003), apresentou um estudo documental da tempestuosidade nos Açores, cuja pesquisa de informação climatológica incidiu entre 1835 e 1998, o que permitiu caracterizar a tempestuosidade nos Açores para um período de 164 anos em termos de frequência, duração e intensidade dos eventos. O estudo apresentado por Borges (2003) da tempestuosidade nos Açores serviu de base para comparar com a NAO (Andrade *et al.*, 2008), uma importante característica do clima global e, em particular do hemisfério norte, assim como para a caracterização dos ciclones tropicais na região dos Açores (Rubio-Inglés *et al.*, 2014). Outros estudos têm sido feitos nas latitudes meridionais do Atlântico Norte, incluindo os Açores, sobre variabilidade climática e a NAO, como por exemplo Trouet *et al.* (2012) e Hernández *et al.* (2016; 2017).

A população açoriana sempre dependeu e ainda depende, em grande parte, do mar não só como fonte de rendimento, meio de comunicação e comércio, como também pelo facto da zona costeira ser bastante povoada em algumas áreas, apesar dos perigos consequentes das tempestades (e.g. Lameiras *et al.*, 2009; Borges *et al.*, 2011; Calado *et al.*, 2011a). Perigos esses que podem colocar em causa a segurança e bem-estar das populações, bem como a saúde pública (cf. Godschalk *et al.*, 1989). Para além disso, o crescimento de atividades económicas mais rentáveis, como as marítimo turísticas,

situam-se também nesta mesma zona (e.g. Borges e Ng, 2021). Deste modo, é evidente que as tempestades são, continuamente, desde os primeiros registos no século XV, a causa da elevada preocupação para os habitantes da região sendo essa apreensão traduzida no crescente número de documentos escritos sobre este tema. As compilações de Frutuoso (*circa* 1586), Bessone (1932) e Lima (1943), entre outras monografias locais, são exemplos disso (cf. Borges, 2003).

O registo documental histórico é uma importante fonte para a estruturação de séries temporais de parâmetros meteorológicos e demarcar variações climáticas de curto prazo muito além do período em que os dados instrumentais estão disponíveis (cf. Bradley, 1999 para uma revisão crítica). De modo especial, os registos documentais de tempestades e inundações costeiras podem, por vezes, ser as únicas fontes que permitam compreender os padrões de alteração e evolução de mesoescala do litoral possibilitando estabelecer relações entre a influência meteorológica e respostas antrópicas e/ou geomorfológicas (Borges, 2003).

O tema desta dissertação foi-me proposto pelo Doutor Paulo Borges como forma de dar continuidade ao trabalho apresentado no passado (Borges, 2003) e inicialmente teve como objetivo o estudo documental da tempestuosidade em São Miguel entre 1999 e 2019 e perceber como esta evoluiu ao longo dos 21 anos em termos de frequência, durabilidade e intensidade.

Para a realização do presente trabalho recorreu-se à informação contida no jornal Açoriano Oriental. Inicialmente estava previsto usar os jornais Açoriano Oriental e Correio dos Açores, porém, devido aos constrangimentos causados pela pandemia COVID-19, causada pelo novo coronavírus SARS-CoV-2, não foi possível consultar o jornal Correio dos Açores em moldes idênticos aos usados para o jornal Açoriano Oriental. Neste contexto, utilizou-se o Correio dos Açores como complemento de alguma informação em falta no Açoriano Oriental, assim como elemento de validação. A pesquisa de informação climatológica incidiu entre janeiro de 1999 e dezembro de 2019.

Também como consequência dos constrangimentos da pandemia, a recolha de informação no jornal Açoriano Oriental não se restringiu apenas à ilha de São Miguel, mas estendeu-se a todo o arquipélago dos Açores, com o intuito de construir uma base de

dados de espectro largo e assim poder comparar a tempestuosidade específica em São Miguel, com a dos Açores como um todo, no intervalo de tempo considerado, e procurar entender se existem zonas geográficas do Arquipélago mais fustigadas pelas tempestades. Para além disso, a caracterização da tempestuosidade nos Açores entre 1999 e 2019 permite relacioná-la com a tempestuosidade nos Açores para o período entre 1835 e 1998.

A presente dissertação inicia-se com este capítulo (Capítulo 1), onde se tecem algumas considerações de âmbito geral sobre tempestuosidade no Atlântico Norte e consequentemente nos Açores.

No capítulo 2 explicitam-se os métodos utilizados neste trabalho.

O capítulo 3 é dedicado ao enquadramento dos Açores quanto à sua localização geográfica, geodinâmica, clima e alguns agentes forçadores do litoral, assim como a problemática crescente das alterações climáticas em regiões vulneráveis como o arquipélago dos Açores.

No capítulo 4 é feita uma caracterização sumária da tempestuosidade nos Açores entre 1835 a 1999 tendo por base o trabalho de Borges (2003).

O capítulo 5 é dedicado à tempestuosidade em São Miguel e nos Açores entre 1999 e 2019.

O capítulo 6, e último, foi reservado para a discussão e para as conclusões sobre a tempestuosidade em São Miguel e nos Açores, nos 21 anos em questão, bem como para os Açores nos períodos de 1835 a 1998 e de 1999 a 2019.

Em anexo encontra-se uma ficha base utilizada para a recolha dos dados nos jornais; apresentam-se as listas de tempestades em São Miguel, e nos Açores, entre 1999 e 2019 de acordo com as fontes documentais consultadas.

2. METODOLOGIA

O estudo documental da tempestuosidade na ilha de São Miguel e nos Açores baseou-se fundamentalmente na informação contida no jornal Açoriano Oriental, complementada pontualmente com alguma informação contida no Correio dos Açores. A pesquisa e tratamento de informação climatológica incidiu entre o primeiro dia de janeiro de 1999 e o último dia de dezembro de 2019, tendo por base a metodologia desenvolvida por Borges (2003), para o estudo documental da tempestuosidade nos Açores entre 1835 e 1998.

Através de fichas próprias (Anexo 1) foram transcritos os trechos que dizem respeito às notícias com este tipo de informação para todo o arquipélago, de modo a obter-se uma base de dados de largo espectro. Posteriormente essa informação foi devidamente filtrada e validada para São Miguel, assim como para os Açores como um todo.

Foram considerados três graus de validade, descritos por Borges (2003). Os factos atuais e testemunhados pelo jornalista ou por outros presentes na altura e no local dos eventos ou os acontecimentos registados pelo menos duas fontes diferentes (independentemente da data de edição) correspondem a eventos com maior grau de credibilidade ('Boa'). As descrições e referências de memórias vagas de pessoas mais idosas com falta de referências explícitas no tempo e no espaço dizem respeito ao grau de validade 'Frac'. Considerou-se os registos de categoria 'Média' aqueles que não se adequavam a nenhum dos critérios anteriores.

Depois da triagem, a coleção de registos referentes ao jornal Açoriano Oriental relativos a São Miguel constitui a Série A (reproduzida parcialmente no Anexo 2) e aos Açores constitui a Série B (reproduzida parcialmente no Anexo 3), nas quais as tempestades foram classificadas por:

- 1) Extensão – a cobertura espacial foi dividida em 'local' (só a ilha de São Miguel parcialmente ou totalmente atingida) e 'regional' (quando várias ilhas são afetadas).

2) Intensidade – quatro classes de intensidade foram definidas de acordo com a seguinte classificação seguindo a metodologia de Baron (1995) modificada por Andrade *et al.* (1996) e melhorada e validada por Borges (2003):

I – Temporal de pouca intensidade nos seus elementos ou acerca do qual não há informação que determine a sua intensidade;

II – Temporal com média intensidade nos seus elementos, com estragos assinaláveis e violência nos seus elementos;

III – Temporal de grande intensidade dos seus elementos, com “devastação”, excecionalidade do fenómeno;

IV – Furacões e tempestades tropicais.

De modo a alcançar uma classificação sólida dos furacões e tempestades tropicais que atingiram o Arquipélago entre 1999 e 2019, cruzou-se a informação recolhida no Açoriano Oriental com os dados disponibilizados no sítio do National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

3) Duração – dias decorridos entre o primeiro relato e a dissipação da tempestade (este último momento por vezes difícil de identificar com precisão).

4) Tipologia – ‘Tipo A’: eventos e efeitos apenas relacionados ao mar (por exemplo, galgamento e inundações costeiras, erosão, naufrágios, fecho de portos ou impedimento de atividades de pesca); ‘Tipo B’: apenas eventos e efeitos não marinhos, abrangendo chuva forte, geadas, trovoadas ou vendavais, sem referências à influência ou efeitos marinhos; ‘Tipo C’: falta de informações específicas; ‘Tipo D’: relatos contendo eventos e efeitos de influência marinha e não marinha.

5) Descrição dos danos.

- 6) Informações objetivas de parâmetros meteorológicos, se existentes durante o período de tempestade (por exemplo direção ou velocidade do vento, direção e altura da onda, pressão atmosférica, intensidade da precipitação).

Para perceber a evolução dos temporais ao longo do período entre 1999 e 2019 (21 anos), elaboraram-se várias séries de tempestuosidade para São Miguel e para os Açores em termos de frequência anual de tempestades, de tempestades do tipo A e D, de dias tempestuosos e de tempestades para cada mês. Para além disso elaboraram-se séries temporais para cada intensidade, no que diz respeito à frequência anual de tempestades e de dias tempestuosos. Através dos dados obtidos foi possível ainda caracterizar a tempestuosidade em São Miguel e para os Açores entre 1999 e 2019, assim como estabelecer uma comparação entre o Arquipélago como um todo e São Miguel como entidade específica. Adicionalmente foi possível avaliar os resultados obtidos com os resultados de Borges (2003), referentes aos Açores para o intervalo temporal 1835–1998.

3. ENQUADRAMENTO DOS AÇORES

Os Açores são um arquipélago de origem vulcânica, onde o vulcanismo é ativo assim como a sismicidade, localizado no Atlântico Norte entre as latitudes 37° e 40° N e as longitudes 25° e 31° W a cerca de 1400 km da Europa continental (Figura 1). É constituído por nove ilhas, i.e. Santa Maria, São Miguel (Grupo Oriental), Terceira, Graciosa, São Jorge, Faial, Pico (Grupo Central), Flores e Corvo (Grupo Ocidental) (Figura 1), que se estendem segundo uma direção aproximada NW-SE, emergindo de uma plataforma grosseiramente triangular definida pela batimetria dos 2000 metros, denominada Plataforma dos Açores (Needham e Francheteau, 1974). As ilhas do Arquipélago encontram-se na zona de confluência das placas litosféricas Norte Americana, Euroasiática e Africana no denominado Ponto Triplo dos Açores (Laughton e Whitmarsh, 1974). A maior e mais populosa ilha dos Açores é a de São Miguel, com uma área aproximada de 747 km² e cerca de 131600 habitantes segundo os censos de 2011 disponíveis na página da Internet do Instituto Nacional de Estatística.

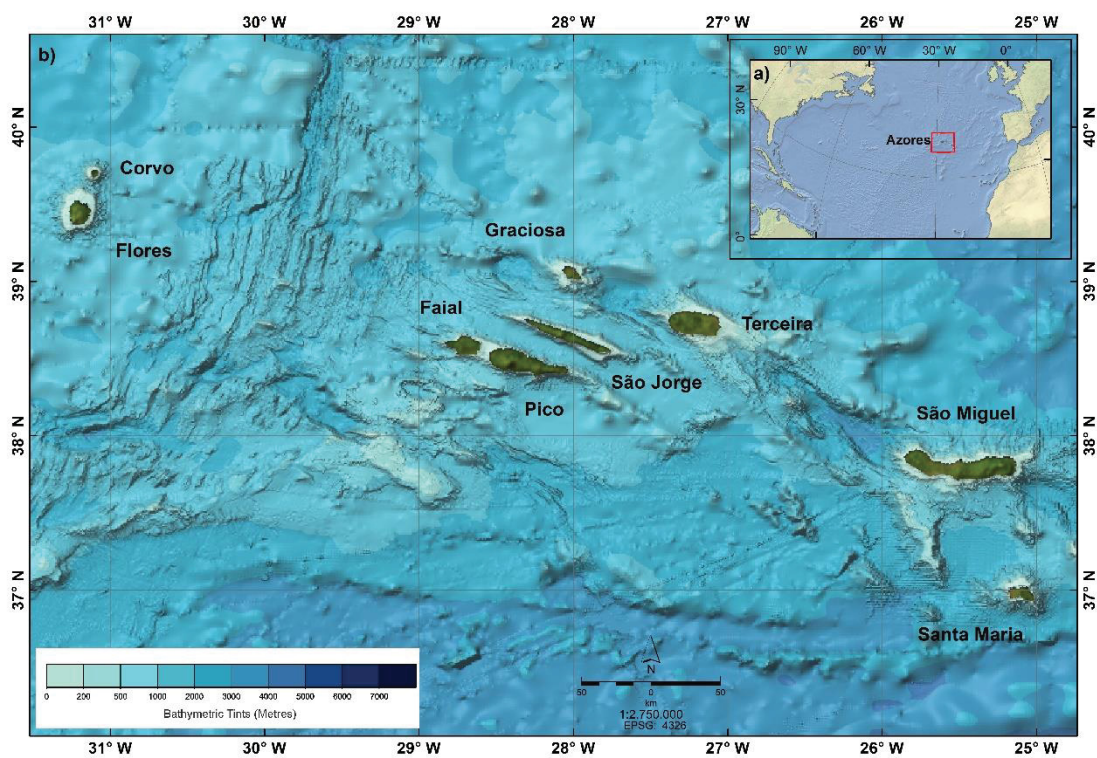


Figura 1 – Localização do arquipélago dos Açores (in Calado et al., 2018).

Diversos autores (e.g. Agostinho, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1947, 1948; Azevedo, 1996, 2001; Azevedo, 2006; Bettencourt, 1979; Ferreira, 1981a, b) ao longo do tempo tiveram a caracterização do clima dos Açores como objeto de estudo e discussão. De acordo com Azevedo (2002), o clima do Arquipélago de um modo geral “pode ser caracterizado pela sua amenidade térmica, pelos altos índices de humidade do ar, por taxas de insolação pouco elevadas, por chuvas regulares e abundantes e por um regime de ventos vigorosos que rondam o Arquipélago acompanhando o evoluir dos padrões de circulação atmosférica à escala da bacia do Atlântico Norte”. Na generalidade, o clima dos Açores pode classificar-se mesotérmico húmido com características oceânicas e de acordo com a classificação de Köppen-Geiger é amplamente considerado como temperado húmido, sem estação seca, com precipitação em todos os meses do ano e verão temperado (Azevedo, 2002; Carvalho *et al.*, 2020). Altos valores de humidade relativa do ar, regimes de ventos intensos, precipitação regular e normalmente frequente durante todo o ano, baixa insolação, temperaturas moderadas e rápidas oscilações térmicas são aspetos que caracterizam o clima nos Açores e o distinguem dos outros arquipélagos da Macaronésia (cf. Agostinho, 1942; Azevedo, 1996, 2001; Bettencourt, 1979; IH, 2000; Porteiro, 2000). A nível regional, o clima nas camadas atmosféricas inferiores é condicionado pela proximidade ao mar e às ilhas próximas e também pela altitude, relevo, geomorfologia, vegetação e orientação das ilhas (e.g. Azevedo, 1996, 2001; Azevedo *et al.*, 1999).

A localização geográfica do arquipélago dos Açores na zona subtropical de anticlones do hemisfério norte, sob o efeito do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte, igualmente designado por Anticiclone dos Açores, influencia muito as condições meteorológicas da região (Borges, 2003). A assiduidade e o percurso das ondulações e depressões da Frente Polar do Atlântico Norte, também, constituiu um fator condicionante do tempo nos Açores (Carvalho *et al.*, 2020). Para além disso, a presença de massas de água superficiais que derivam da corrente quente do Golfo, tornam o clima ameno (Ferreira, 1980).

Os Açores são geralmente influenciados por massas de ar marítimas tropicais ou polares, resultantes da deriva sazonal do Anticiclone dos Açores, que é um sistema de altas pressões. A dissipação ou deslocação deste centro de alta pressão para latitudes

mais altas (entre a Gronelândia e a Escandinávia) ou longitudes orientais (sobre a Península Ibérica), a frente atmosférica polar desloca-se para o sul e várias frentes de baixa pressão podem atingir todo o Arquipélago, viajando habitualmente de SW para NE e gerando tempestades que são particularmente violentas nas ilhas do Grupo Ocidental (Andrade *et al.*, 2008). Por outro lado, ocasionalmente uma célula de baixa pressão pode desenvolver-se a leste dos Açores e deslocar-se lentamente para oeste, resultando em tempestades que são mais fortes nas ilhas dos Grupos Oriental e Central, como a tempestade devastadora que atingiu a ilha de São Miguel entre 30 e 31 de outubro de 1997, provocando 29 mortes (Raposo, 1998; Valadão *et al.*, 2002). Por norma, as tempestades estão delimitadas a períodos caracterizados por depressões bem definidas e profundas, isto é, sobretudo durante os meses de inverno e primavera (Andrade *et al.*, 2008). Contudo, durante a temporada de furacões no Atlântico (fim de verão e outono), os furacões podem atingir o arquipélago dos Açores, ainda que por vezes percam intensidade atingindo as ilhas como tempestades tropicais ou depressões (Andrade *et al.*, 2008). Tempestades intensas como estas podem representar uma ameaça relevante para a população, como foi o caso em 1995 com as tempestades Noel e Tanya, em 1998, com o Ivan e a Jeanne (Reale *et al.*, 2001), e recentemente em 2017 com a tempestade tropical Ophelia. Ainda em 2018 e 2019 o Arquipélago foi afetado pelos furacões Helene e Lorenzo, respetivamente. O furacão Lorenzo causou uma elevada destruição na região, principalmente no Grupo Ocidental e em parte das ilhas do Grupo Central.

Os valores de precipitação no arquipélago dos Açores variam de acordo a altitude e, implicitamente, a distância ao litoral, a exposição do relevo e a localização geográfica (Agostinho, 1941; Bettencourt, 1979), assim como é influenciada pelo Anticiclone dos Açores e a superfície frontal polar (Ferreira, 1980; 1981a, b; IH, 1981). Os valores de precipitação anual no Arquipélago aumentam, geralmente, do Grupo Oriental para o Grupo Ocidental, com a altitude, e são mais expressivos nas encostas voltadas a norte (Agostinho, 1941). Os meses em que se registam maior precipitação são os de outubro a março, com 65% a 70% da precipitação anual, sendo o mês de janeiro o que apresenta os valores de pluviosidade mais elevados. No entanto há exceções, como por exemplo na ilha do Corvo e em Santa Maria (São Pedro) onde o mês de maior pluviosidade é fevereiro e na ilha das Flores e na de Santa Maria (Fontainhas) é o mês de dezembro (Bettencourt,

1979). Segundo esse autor, o mês de julho é quando se registam os menores valores de precipitação nos Açores.

As zonas litorais do arquipélago dos Açores estão sujeitas a um regime de ventos e a uma dispersão geográfica do mesmo que depende maioritariamente da migração sazonal do Anticiclone dos Açores e da superfície frontal polar; os efeitos de abrigo, locais, devido à orografia das ilhas são fatores a ter em conta (Bettencourt, 1979). A incidência dominante dos ventos do quadrante W faz-se sentir nas ilhas do Grupo Ocidental e Central e de NE nas do Grupo Oriental (Bettencourt, 1979). Relativamente à frequência de vento fresco e forte, este enfraquece de leste para oeste, pelo lado sul do Arquipélago e de oeste para leste, pelo lado norte (IH, 2000). Nos Açores há uma tendência a desenvolver-se no início da tarde, uma brisa marinha, que dura até ao pôr do sol, posteriormente, sendo substituída ao anoitecer pela brisa terrestre que se faz sentir até ao amanhecer (Manson *et al.*, 1945).

A maré no litoral das ilhas dos Açores é do tipo semidiurno, ou seja, com dois preia-mares e dois baixa-mares bem marcados, com amplitude média em águas vivas alterando entre 1 e 1,3m consoante a estação em questão (Borges, 2003), definindo um litoral do tipo microtidal a mesotidal baixo, não constituindo um perigo elevado para as zonas costeiras dos Açores (Calado *et al.*, 2011b). Contudo, constitui um perigo a considerar quando ocorre a conjugação de vários fatores nomeadamente, tempestades costeiras e sobre-elevação do nível do mar de origem meteorológica (*storm surges*), em períodos de preia-mar de marés vivas (Calado *et al.*, 2011b).

O litoral açoriano na sua maior extensão é aberto (*open coasts*), um tipo de costa que, segundo Carter (1999), diminui os efeitos dos *storm surges* que raramente excedem os 0,5-0,6m de subida do nível médio do mar, neste tipo de costa. O facto de os Açores serem ilhas vulcânicas, conduziu Roger *et al.* (1982) a concluírem que os *storm surges* nos Açores não constituem um problema maior pelo fato deste tipo de ilhas emergir abruptamente do fundo oceânico e não possuírem, na generalidade, uma plataforma insular com águas pouco profundas. Contudo, pontualmente podem acontecer situações que podem colocar em perigo as ilhas e por esse motivo é um fator que não deve ser descuidado (Borges, 2003).

Ng *et al.* (2014), utilizando dados do marégrafo de Ponta Delgada entre 1978 e 2007 determinaram uma subida do nível médio do mar da ordem dos 2,5 mm/ano, o que poderá corresponder a cerca de 7,5 cm em 30 anos. Ng *et al.* (2014), usando a ‘Regra de Bruun’ (Bruun, 1962; 1983) concluíram que, mantendo-se esta tendência de subida do nível médio do mar poderá ocorrer uma recessão das praias arenosas da ordem dos 0,25 m/ano.

De acordo com Borges (2003), devido à sua localização em pleno Atlântico Norte o regime de agitação marítima que atinge os Açores é de alta energia e integra o principal agente forçador da faixa costeira (cf. Borges, 2003; Rusu e Soares, 2012; Rusu e Onea, 2016). As tempestades que atingem o Arquipélago dos Açores vêm sobretudo de NW e de SW (Borges, 2003; Rusu e Soares, 2012; Ng *et al.*, 2013; Rusu e Onea, 2016). As grandes tempestades são sobretudo de SW com ondas de 12m de altura significativa máxima que habitualmente causam galgamento e inundações costeiras (Borges, 2003). Os valores modais de *run-up* são de 5m para eventos extremos, chegando aos 7m nas ‘tempestades do século’ (Borges e Andrade, 1999; Borges, 2003). O regime de agitação marítima que afeta a ilha de São Miguel apesar de ser de alta energia é mais energético na costa norte, embora os temporais mais violentos (ainda que ocorram com menos frequência) vêm de SW (Borges, 2003; Borges e Ng, 2021). Tendo em conta que as ondas são o mais importante agente forçador do litoral no que diz respeito à mobilização das formas e dos sedimentos, os episódios efémeros de tempestade, onde dissipam grandes quantidades de energia, assumem importância especial (Borges, 2003).

O elevado potencial tsunamigénico do arquipélago dos Açores resulta essencialmente de dois fatores: 1) a sua localização em pleno Atlântico que aumenta a vulnerabilidade a eventos com origem distal, nomeadamente os gerados ao longo da margem continental Ibérica, como o de 1755; 2) o contexto geotectónico local onde sismos com potencial tsunamigénico ocorrem em média uma vez em cada 70 anos (Borges, 2003; Andrade *et al.*, 2006; Borges *et al.*, 2008a, b). Contudo, as ilhas possuem também outros fatores potencialmente geradores de eventos tsunamigénicos como por exemplo as ruturas de vertentes, tanto subaéreas como submarinas, escoadas piroclásticas, vulcanismo submarino, colapso de caldeiras, *lahars* (Borges, 2003; Andrade *et al.*, 2006; Borges *et al.*, 2008a, b). Dos 29 eventos tsunamigénicos registados desde o

povoamento das ilhas, a generalidade deles teve origem sísmica sendo também importantes os desencadeados por escorregamentos (Borges *et al.*, 2008a; b). O *run-up* máximo para galgamentos e inundações costeiras de origem tsunamigénica foi de 15m (Borges, 2003; Andrade *et al.*, 2006).

Tendo conta que os sistemas insulares são ambientes muito sensíveis às alterações climáticas, constituindo um dos maiores desafios da atualidade, importa perceber como a tempestuosidade nas últimas duas décadas tem afetado e evoluído naquela que é a maior e mais populosa ilha dos Açores. Efetivamente, as ilhas pequenas são vulneráveis a efeitos das alterações climáticas como por exemplo o aumento do nível médio do mar e aos eventos extremos (e.g. Mimura *et al.*, 2007). Apesar de as alterações climáticas possuírem um carácter global, os seus impactes diferem à escala regional e local (Carvalho *et al.*, 2020). Os efeitos das alterações climáticas, embora relevantes, terão menor intensidade no arquipélago dos Açores do que impactos expectáveis para Portugal Continental (Carvalho *et al.*, 2020). De acordo Miranda *et al.* (2006) até ao final do século XXI é esperado um aumento de 1°C a 2°C na temperatura, um decréscimo gradual da precipitação anual, mas um incremento de eventos de precipitação intensa o que sugere uma maior variabilidade interanual e sazonal do clima no Arquipélago. Com efeito, segundo Carvalho *et al.* (2020) tem-se registado para os Açores temperaturas mais elevadas, menos precipitação e fenómenos meteorológicos com maior intensidade. Carvalho *et al.* (2020) verificaram que no pior cenário do forçamento radiativo estima-se até ao final de 2100 o aumento dos períodos de seca em 4,8 dias/ano, dos eventos de precipitação forte em 1,4 dias/ano e do número de noites tropicais em cerca de 101 noites/ano. Este resultado pode ser explicado pela intensificação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte na região dos Açores, especialmente a oeste das Ilhas Britânicas (Carvalho *et al.*, 2020).

4. TEMPESTUOSIDADE NOS AÇORES ENTRE 1835 E 1998

O estudo do registo documental de tempestades no arquipélago dos Açores, entre 1835 e 1998 realizado por Borges (2003) assentou fundamentalmente na informação proveniente do jornal Açoriano Oriental, complementada por informação contida no jornal Açores, por monografias locais (e.g. Bessone, 1932; Supico, 1895-1910) e ainda vários jornais locais (e.g. Aurora; Chronica de Angra; Jorgense), que foram utilizados como fontes suplementares, como já referido, ou de confirmação. Para o referido estudo, Borges (2003) desenvolveu uma metodologia específica (ver Capítulo 2).

Os resultados da compilação documental sobre a frequência das tempestades nos Açores entre 1835 e 1998 mostram, com impacto significativo nas ilhas, que ocorreram alterações consideráveis durante, e entre vários períodos importantes de tempestuosidade que foram identificados.

O primeiro período (1835–1870) caracterizou-se por uma distribuição de frequência de tempestades, com dois máximos separados por um mínimo localizado a 1855 (Figura 2). Além disso constatou-se uma baixa frequência anual de tempestades (2–3 tempestades/ano). O segundo período prolongou-se entre os mínimos de 1870 e 1920 correspondendo a uma distribuição irregular da frequência das tempestades diminuindo com o tempo, com valores máximos descritos em 1879 e 1886. Os primeiros anos deste período registaram um pico abrupto de tempestades (superior a 8 tempestades/ano) que diminuiu para 1 tempestade/ano no final da década de 1911–1920. O terceiro período correspondeu às décadas de 1920–1960 onde a distribuição da frequência das tempestades pareceu ser bastante uniforme. Entre 1961 e 1978 (período 4) não se verificou quase nenhum registo de tempestades, mas de 1979 em diante (período 5) a frequência aumenta abruptamente, correspondendo aos valores médios por década encontrados na primeira secção do período 2, mas nunca alcançando máximos comparáveis. O terceiro período coincidiu com as décadas de 1920-1940, com uma distribuição uniforme e baixa frequência de tempestades. Depois de 1940 (período 4), uma tendência geral de aumento de tempestades surgiu (2–3 a 4–5 tempestades/ano em média), com máximos ocorrendo a meados da década de 1980.

A figura 3 diz respeito à Série B do mesmo jornal (constituída apenas por eventos com expressão marinha explícita – tipo A e D). O gráfico obtido por Borges (2003) apresenta padrões evolutivos muito semelhantes aos da figura 2. Deste modo, o autor verificou que a informação documental para tempestades deste tipo é robusta uma vez que a informação muitas vezes possa ser incompleta.

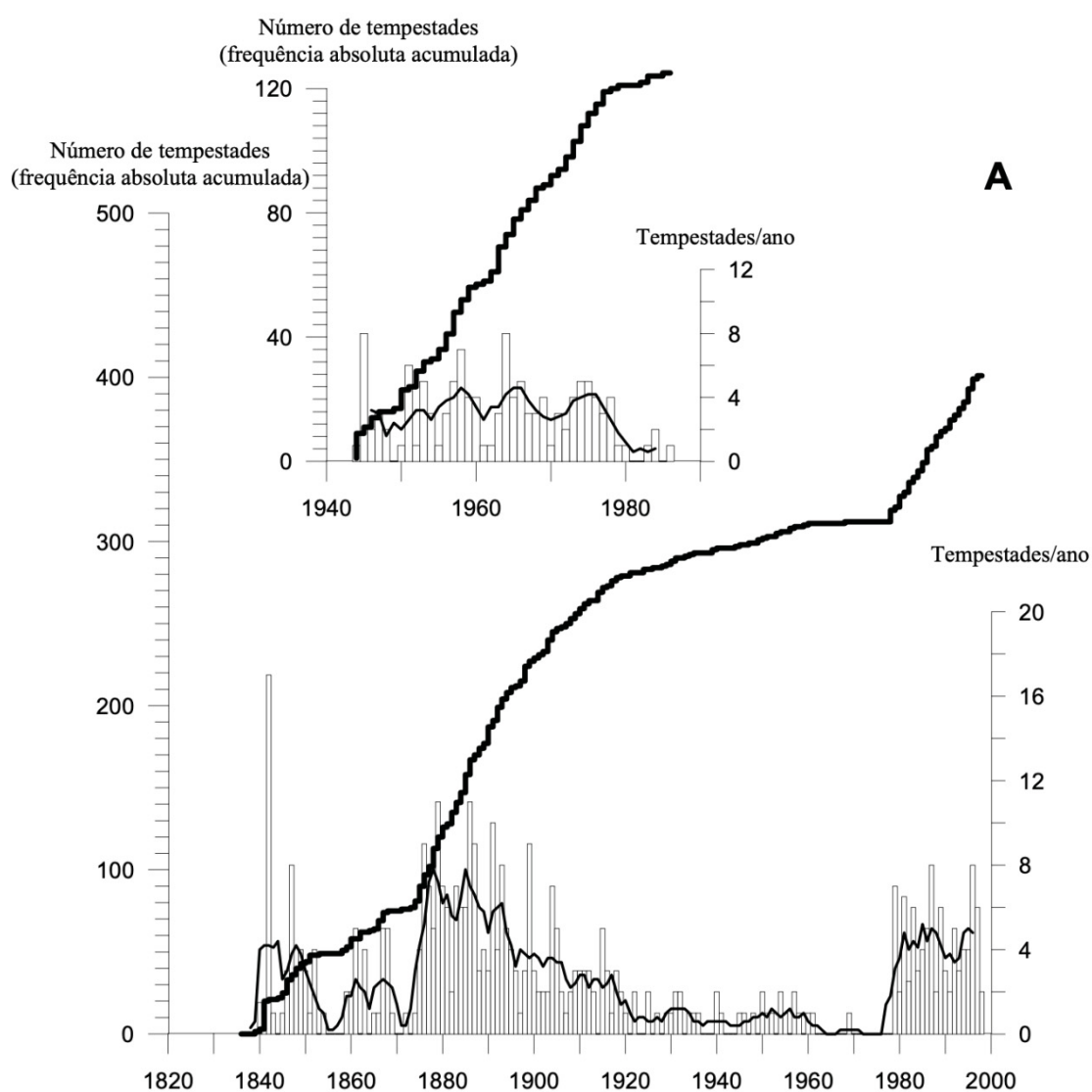


Figura 2 – Histograma de frequência absoluta anual das tempestades, curva de frequência acumulada e curva de médias móveis (5 anos), obtidas a partir do jornal Açoriano Oriental e referentes à Série A (composta pelos 4 tipos de eventos). O gráfico inserido corresponde à informação equivalente proveniente do jornal Açores (*in* Borges, 2003).

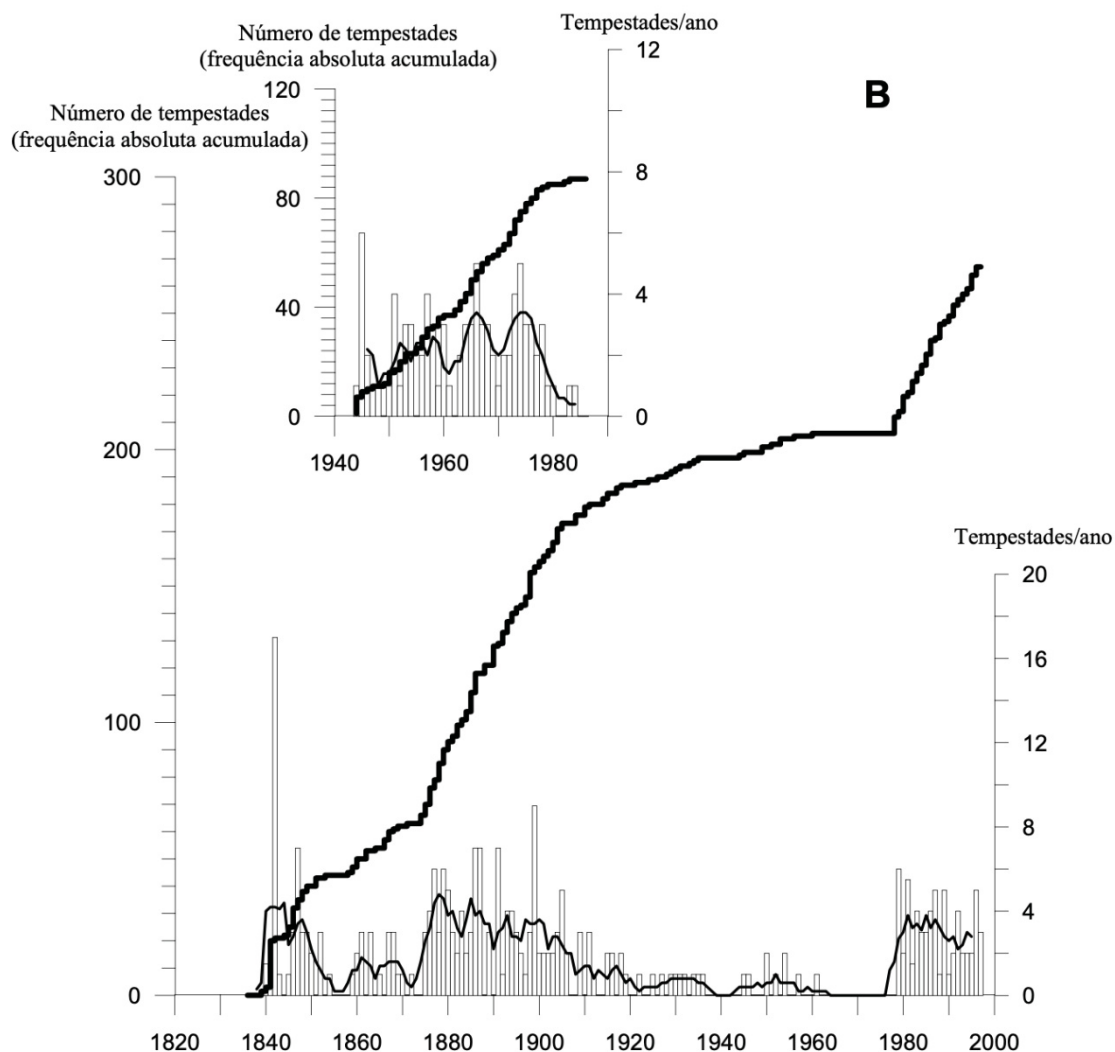


Figura 3 – Histograma de frequência absoluta anual das tempestades, curva de frequência acumulada e curva de médias móveis (5 anos), obtidas a partir do jornal Açoriano Oriental e referentes à Série A (constituída apenas por eventos com expressão marinha explícita – tipo A e D). O gráfico inserido corresponde à informação equivalente proveniente do jornal Açores (in Borges, 2003).

A partir da análise das duas séries compostas, resultantes da junção da informação do jornal Açoriano Oriental e do jornal Açores (Figura 4), Borges (2003) constatou que o terceiro período de tempestuosidade se estendeu até à década de 1931–1940, quando a frequência de tempestades é mais baixa. Depois deste período, verificou-se um aumento progressivo da frequência de 2–3 para 4–5 tempestades/ano com variabilidade anual baixa e com a curva de médias móveis indicando máximos entre 1980–1985. Posteriormente, a frequência diminuiu até 1998 na Séries B Composta enquanto que na Séries A Composta isto não se observou. Deste modo, a fração dos

gráficos deste período revelaram uma distribuição monótona, multimodal, aproximadamente uniforme, da tempestuosidade com o passar dos anos.

Borges (2003) ao comparar as Séries A e B Compostas verificou que os resultados não diferiram do referido anteriormente para as equivalentes do Açoriano Oriental. Assim sendo, o autor passou a utilizar apenas a Série A Composta para análise, caracterização e comparação da tempestuosidade.

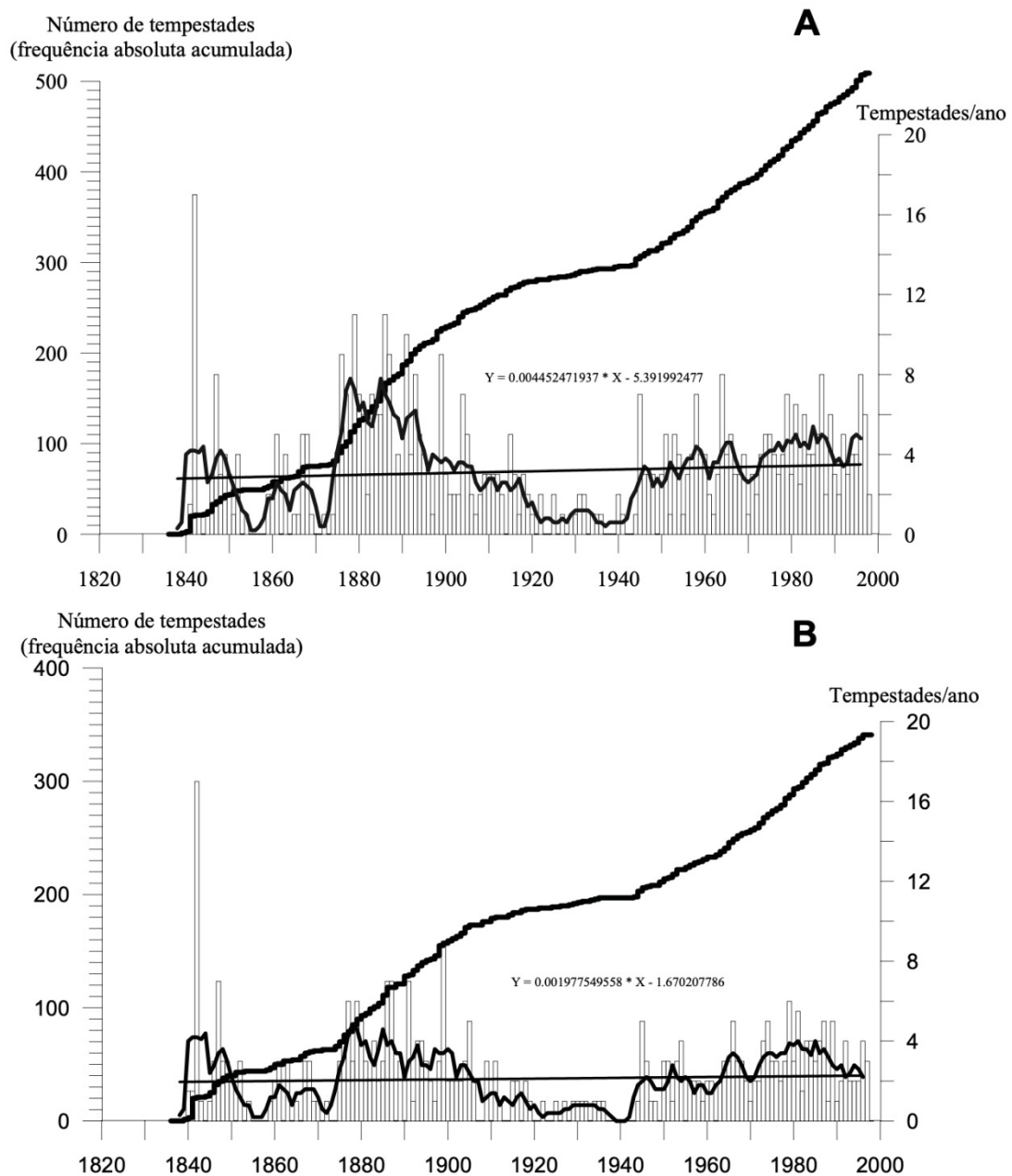


Figura 4 – Histogramas da frequência absoluta anual das tempestades, curva de frequência acumulada, curva de médias móveis (5 anos) e ajuste de regressão linear referentes às duas Séries Compostas resultantes da junção da informação do jornal Açoriano Oriental e Açores (A: Série A Composta; B: Série B Composta) (in Borges, 2003).

No que diz respeito ao número de dias tempestuosos por ano (Figura 5), Borges (2003) identificou quatro períodos com padrões de tempestuosidade com algumas distinções dos previamente descritos para a frequência de tempestades. Em primeiro lugar, entre 1835–1870 verificou que a uma distribuição da frequência de dias tempestuosos bimodal, com um mínimo por volta de 1856 sendo que sensivelmente a cada 5–7 anos observou-se um máximo de duração. Os anos de 1840 e 1841 apresentaram a maior frequência de dias tempestuosos. Nestes anos identificou-se um evento de duração fora do comum (45 dias) não contendo informação anterior a 1840 que permitisse avaliar o significado destes máximos o que levou a ter algum cuidado no tratamento estatístico dado que poderia ter efeitos desproporcionais. Em segundo lugar, o período que se prolonga de 1870 a 1920 confere, de modo geral, uma distribuição assimétrica multimodal, obtendo máximos em 1884 e 1899 e decrescendo depois. Em terceiro lugar, o período que se estende até 1940 é o que apresentou uma frequência de dias tempestuosos mais baixa. Por último, e até 1998, este período compreende uma distribuição monótona multimodal, com máximos em 1980–1981, e uma variabilidade anual baixa.

Em relação à evolução do número de tempestades por década (Figura 6), para cada intensidade, os eventos de intensidade III e IV foram agrupados uma vez que o referido investigador registou poucos eventos de intensidade IV e assim constituem juntamente com os eventos de intensidade III os eventos extremos. Borges (2003) analisando a figura 6 constatou que além da elevada variação interdecenal, o número de dias de tempestades com intensidade I tendeu a decrescer e o número de dias tempestuosos com intensidade II e III+IV aumentou, sendo o incremento dos eventos extremos bastante marcado.

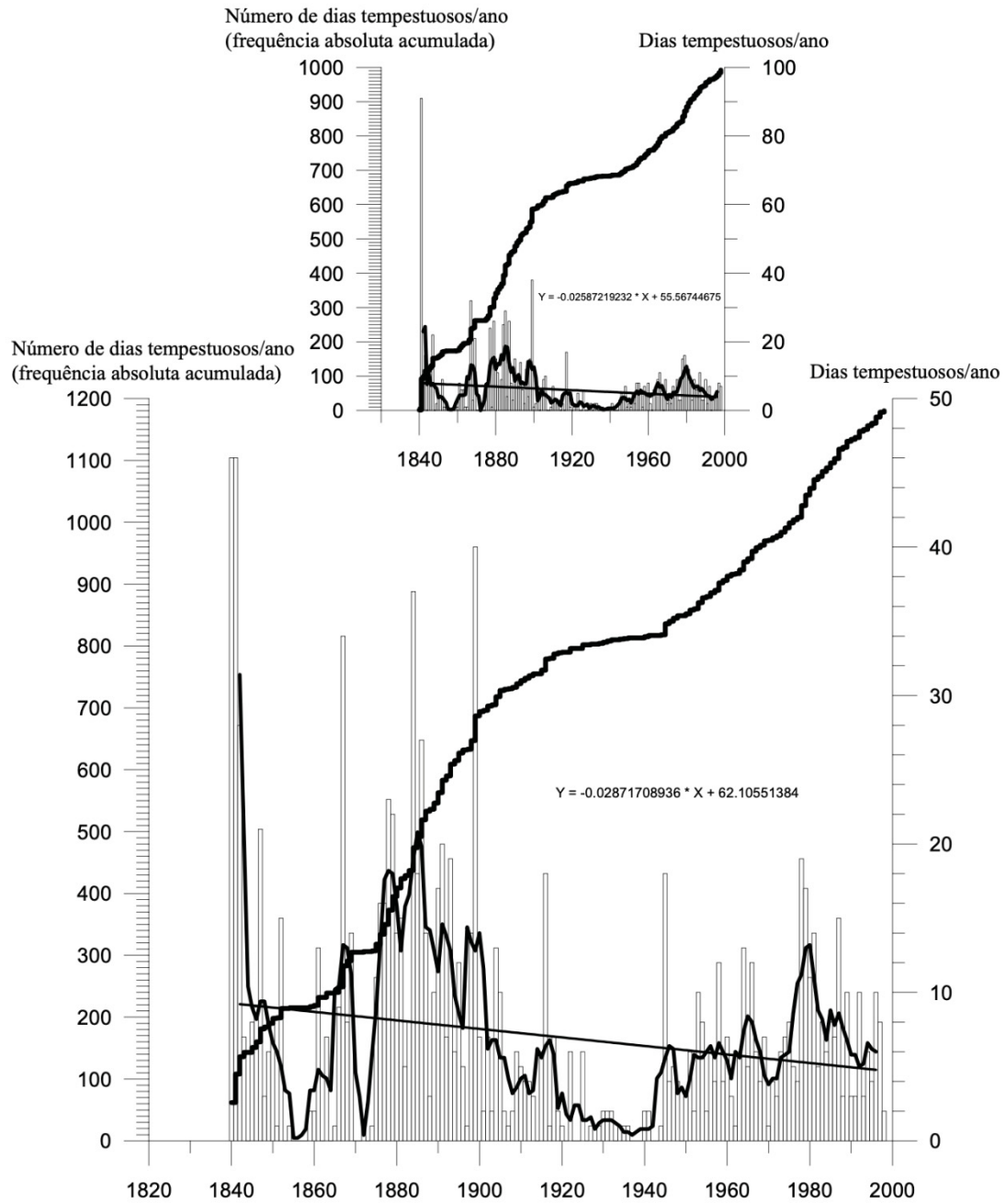


Figura 5 – Histograma da frequência absoluta anual de dias tempestuosos, curva de frequência acumulada, curva de médias móveis (5 anos) e ajuste de regressão linear referentes à Série A Composta. Os gráficos inseridos são equivalentes para o inverno (in Borges, 2003).

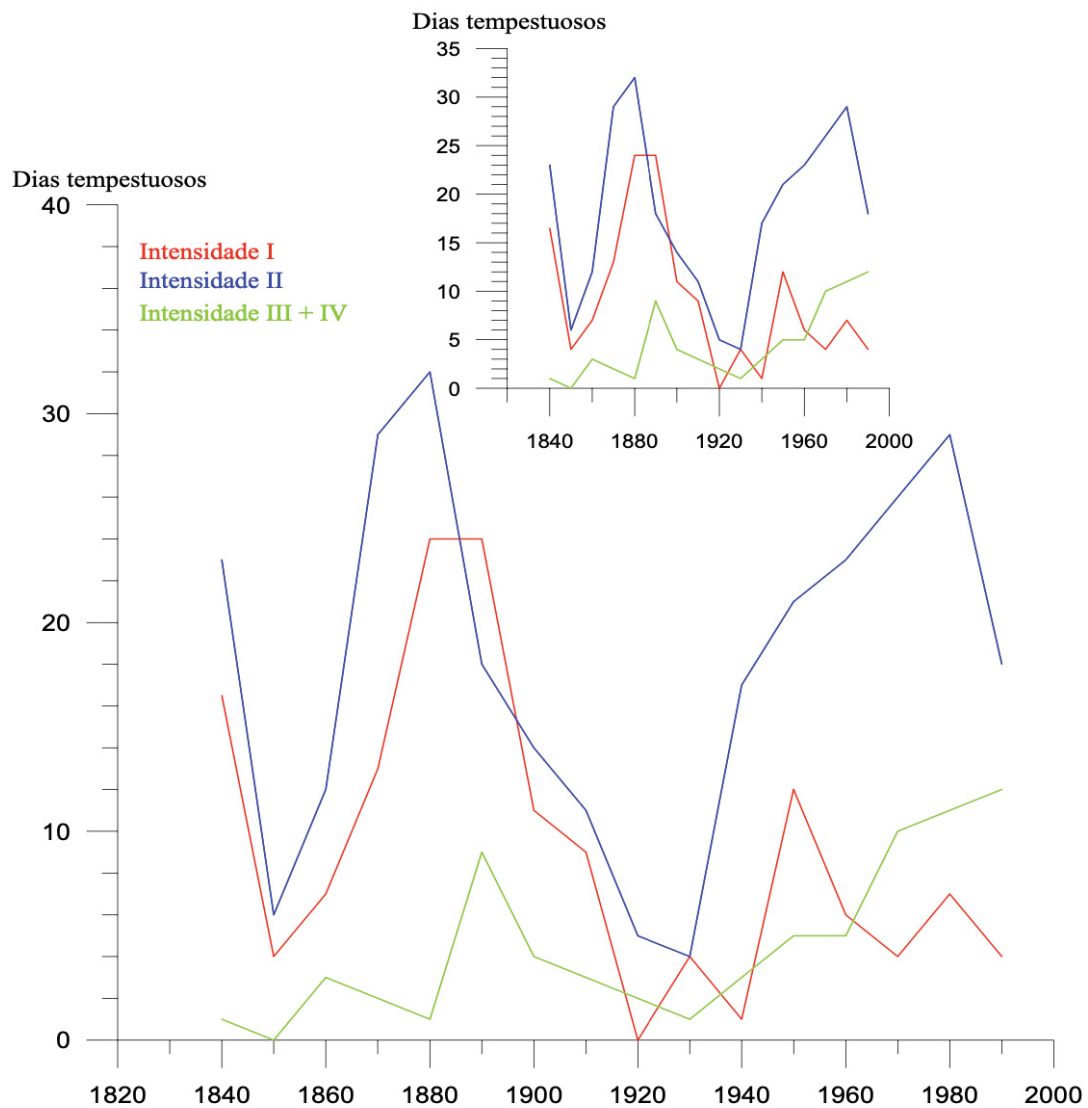


Figura 6 – Séries temporais, referentes à Série A Composta, da frequência das tempestades de acordo com a sua intensidade, agrupadas por décadas. O gráfico inserido corresponde a informação equivalente para o inverno (*in* Borges, 2003).

As informações descritas por Borges (2003) cobriram um período de 164 anos, com um total de 509 eventos registrados. As estatísticas obtidas a partir desses dados estão resumidos na tabela 1.

Tabela 1 – Dados estatísticos da Série A (com os 4 tipos de eventos) Composta (in Borges, 2003).

Período (1835 – 2019)	Arquipélago dos Açores
Duração média das tempestades (dias)	2,3
Duração máxima (dias)	90
Frequência média (tempestades/ano)	3,1
Frequência dos eventos extremos (classe III+IV)	14%
Duração média dos eventos extremos [classe III+IV] (dias)	1,1
Duração máxima dos eventos extremos [classe III+IV] (dias)	2
Média de eventos extremos [classes IV]/ano	0,15
Duração média dos eventos da classe III (dias)	1,8
Duração média dos eventos da classe II (dias)	2,1
Duração média dos eventos da classe I (dias)	3,0
Total de tempestades	509
Total de dias de tempestade	1166

De acordo com as fontes documentais, 1166 dias foram registados como tempestuosos e apenas 28 dos 164 anos (17,2%) não contêm nenhum registo de tempestade relevante. Relativamente a tempestades de baixa intensidade, ou seja, classes I e II representaram, respetivamente, 30% e 56% do número total de ocorrências, enquanto os eventos extremos (classe IV) representaram apenas 5%, sendo o valor médio da intensidade de uma tempestade de 1,9 (numa escala de 1 a 4). A duração média de um evento de tempestade foi de 2,3 dias e o episódio mais longo registado durou 90 dias (novembro–fevereiro de 1840–1841). No entanto, essa notável duração provavelmente foi o resultado de uma descrição inadequada do período tempestuoso no qual o jornalista não terá notado a passagem consecutiva de distintas frentes de baixa pressão. A duração mínima registada de uma tempestade foi de um dia, refletindo a natureza da fonte de informação. A frequência média anual de tempestades anuais foi de 3,1 tempestades/ano e essa frequência diminuiria apenas ligeiramente para 3,0 tempestades/ano se o ano de 1842 fosse removido da série. Este valor pode ser comparado com as estatísticas obtidas para as diferentes classes de intensidade: em

média, um evento de baixa intensidade (classes I ou II) ocorreu quatro vezes a cada 5 anos, enquanto uma tempestade de classe alta (classes III+IV) ocorre em média uma vez a cada 7 anos. O período prolongado de inverno (outubro a março) responde por 76% do total de tempestades registadas. No período em causa os meses de dezembro a fevereiro contribuem com proporções iguais (20–21%), seguidos por novembro (15%), outubro (12%) e março (11%).

Em suma, segundo Borges (2003), no intervalo temporal entre 1835 e 1998 ocorreu uma evolução nas características das tempestades tendo estas passado a ser mais frequentes, mas mais curtas e mais intensas.

5. TEMPESTUOSIDADE ENTRE 1999 E 2019

Ao longo das próximas páginas apresenta-se uma descrição e análise da tempestuosidade em São Miguel e nos Açores resultante da pesquisa de eventos em registos documentais, entre 1999 e 2019, utilizando o jornal Açoriano Oriental como principal fonte.

5.1. REGISTO DOCUMENTAL

O jornal Açoriano Oriental para além de ser o mais antigo jornal português é também um dos dez jornais mais antigos do mundo. Este periódico foi fundado em 1835 sendo a primeira edição publicada em 18 de abril de 1835. Ao longo de toda a sua existência teve várias alterações e reformulações, sendo continuamente publicado a partir de 18 de abril de 1835 (até dezembro 1978 com uma frequência semanal e depois diariamente). A escolha do Açoriano Oriental como principal fonte de dados prende-se pelo facto de ser uma fonte de elevada objetividade com edições e estilos de reportagem homogéneos e característicos do próprio. Para além disso foi a principal fonte documental utilizada por Borges (2003) na caracterização da tempestuosidade nos Açores entre 1835 e 1998.

5.2. TEMPESTUOSIDADE EM SÃO MIGUEL

5.2.1. SÉRIES DE TEMPESTUOSIDADE

As séries de frequência absoluta anual das tempestades obtidas através da compilação documental estão representadas nas figuras 7 e 8.

Analisando a figura 7 é possível verificar que a frequência de tempestades aumenta ligeiramente de forma linear para a escala temporal e geográfica em questão. Porém, em 2008 há uma ligeira diminuição e/ou estabilização, sendo este o ano que apresenta a menor frequência de tempestades. Dois anos depois, em 2010, ocorre a

frequência de tempestades mais elevada de toda a série. Para além disso, esta série temporal revela que a frequência de tempestades por ano tem uma tendência positiva, ou seja, o aumento da frequência de tempestades de 1999 a 2019.

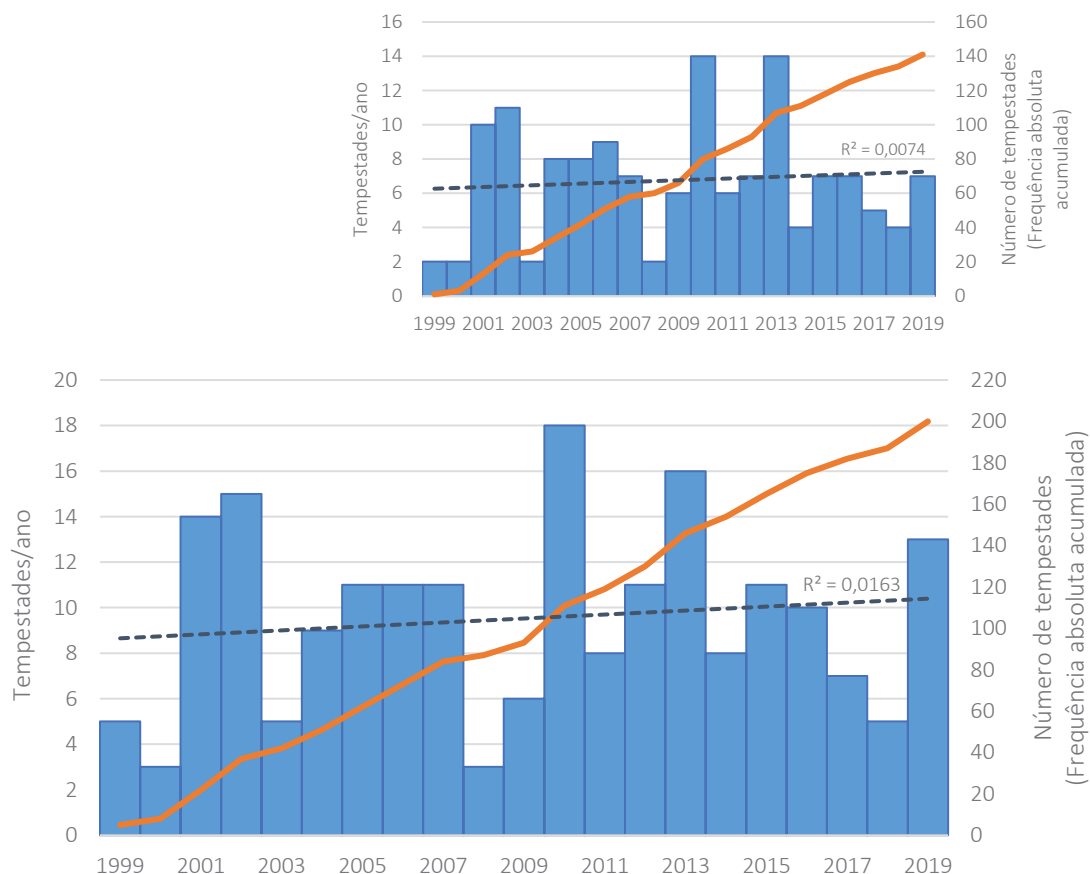


Figura 7 – Histograma de frequência absoluta anual de tempestades para São Miguel (do tipo A, B, C e D conforme descrito no Capítulo 2), curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear. O gráfico inserido é equivalente ao inverno.

A figura 8 diz respeito à série constituída apenas por eventos de expressão marinha (tipo A e D conforme descrito no Capítulo 2), e a sua representação gráfica é muito distinta da figura 7. Neste caso, a frequência de tempestades é mais irregular com picos seguidos de mínimos como por exemplo, em 2001 e 2002 há um incremento do número de tempestades e em 2003 há um decréscimo de tempestades que se mantém em 2004. Em 2010, tal como observável na figura 7 (frequência absoluta de tempestades de todos os tipos) ocorre a maior frequência de eventos sendo o ano de 2011 aquele onde se verifica o maior decréscimo de frequência de tempestades e, consequentemente, a menor frequência de tempestades idêntica à ocorrida também nos

anos de 2000, 2007, 2008, 2017 e 2018. De 2010 para 2011 há uma inflexão de 9 tempestades por ano (maior frequência de tempestades) para 1 tempestade por ano. A frequência absoluta de tempestades por ano representada na figura 7 apresenta uma tendência positiva enquanto a frequência das tempestades de expressão marinha (tipo A e D; Figura 8) diminuíram claramente de 1999 a 2019.

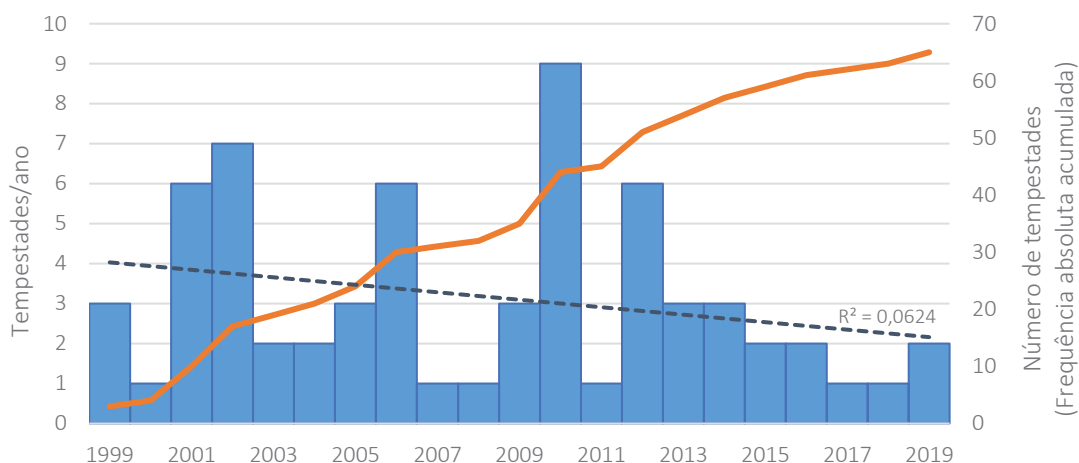


Figura 8 – Histograma de frequência absoluta anual de tempestades de origem marinha (tipo A e D) para São Miguel, curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear.

A figura 9 corresponde ao número de dias tempestuosos por ano para todos os tipos de tempestades. Tal como para a frequência de tempestades por ano (Figura 7), verifica-se em 2008 uma ligeira diminuição e/ou estabilização, sendo este o ano que para além de apresentar a menor frequência de tempestades é também o ano com menor frequência de dias tempestuosos. O ano de 2010 que corresponde ao ano com maior frequência de tempestades e é igualmente o ano com maior número de dias tempestuosos. Comparativamente com os outros anos, 2010 destaca-se pelo elevado número de dias tempestuosos (63 dias) contendo quase o dobro que 2002 (37 dias) que foi o segundo ano com mais dias tempestuosos. Contudo, e apesar de se verificar o aumento da frequência de tempestades de 1999 a 2019, em termos de dias tempestuosos a frequência é irregular e observa-se uma diminuição no número de dias tempestuosos ao longo dos anos em análise (Figura 9).

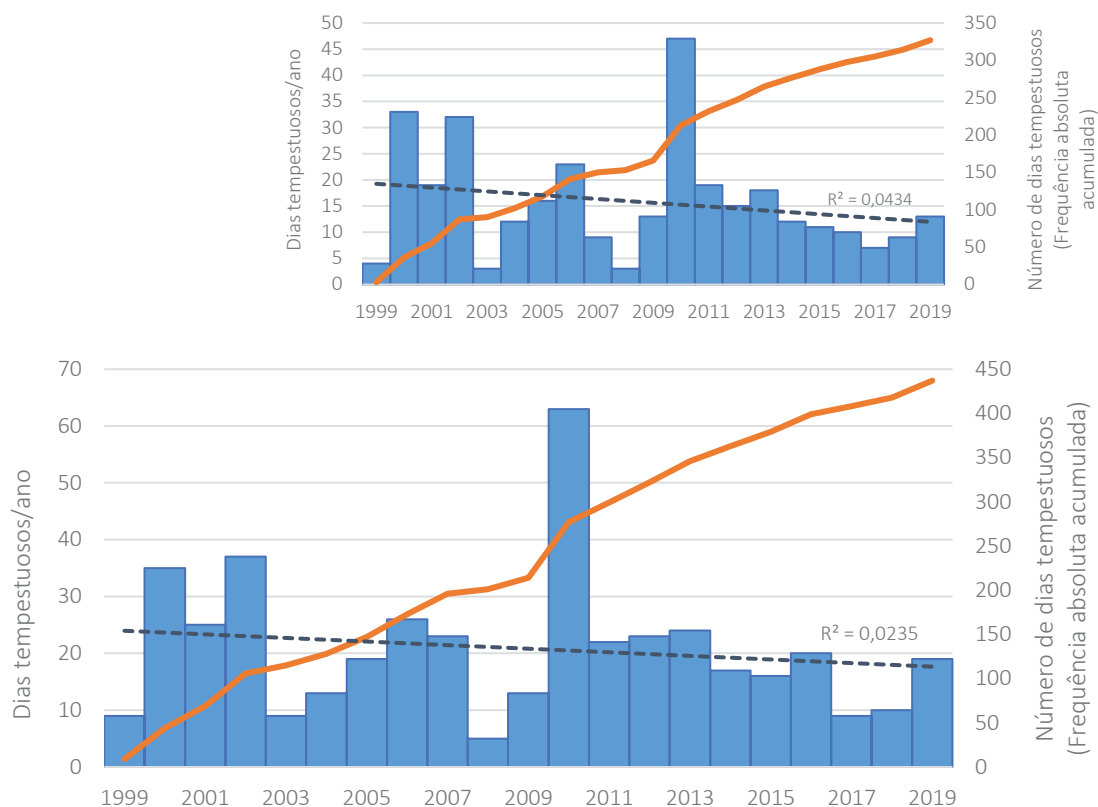


Figura 9 – Histograma de frequência absoluta anual de dias tempestuosos para São Miguel, curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear. O gráfico inserido é equivalente ao inverno.

Observando a figura 10, referente aos gráficos circulares de frequência absoluta anual de tempestades e de dias tempestuosos para cada mês é possível afirmar que dezembro é o mês onde ocorreram o maior número de tempestades e de dias tempestuosos de 1999 a 2019. Por outro lado, o mês de julho é aquele que teve o menor número de tempestades e de dias tempestuosos. As percentagens para a frequência anual de tempestades e dias tempestuosos para cada mês são praticamente similares. Deste modo, a análise dos gráficos A e B da figura 10 sugere que um mês que apresente o maior número de tempestades por ano, por norma, contém o maior número de dias tempestuosos.

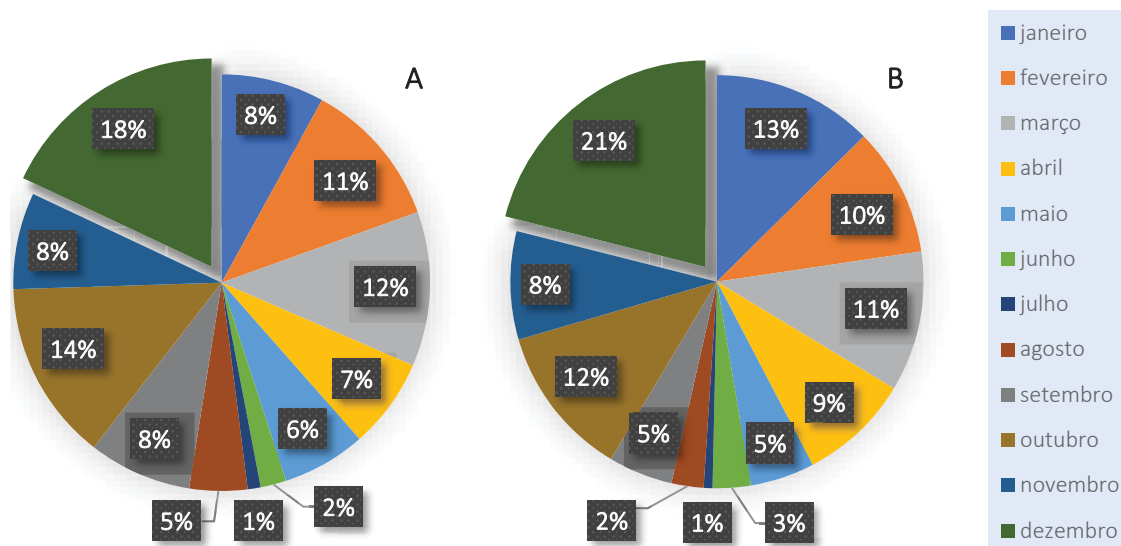


Figura 10 – A: gráfico circular de freqüência absoluta anual de tempestades para cada mês para São Miguel. B: gráfico circular de freqüência absoluta anual de dias tempestuosos para cada mês.

Os gráficos da figura 11 representam a evolução do número de temporais por ano para cada intensidade e por seu turno os gráficos da figura 12 correspondem à representação da evolução do número de dias tempestuosos por ano para cada intensidade. Do total das 200 tempestades identificadas, 71 são de intensidade I; 80 de intensidade II; 37 de intensidade III e 12 de intensidade IV. Em relação aos dias tempestuosos (437 dias), 151 dias foram de intensidade I; 217 de intensidade II; 55 de intensidade III e 14 de intensidade IV. Optou-se por agrupar as tempestades de intensidade III e IV pois ambas as classes de intensidade correspondem a eventos extremos (cf. Capítulo 2). Após a análise dos gráficos de ambas figuras constata-se que o número de tempestades e de dias de tempestuosos com intensidade I tende a diminuir ao longo dos 21 anos. Para além disso, verifica-se um aumento do número de tempestades com intensidade II assim como a sua duração. A análise do número de tempestades e de dias tempestuosos com intensidade III+IV sugere a ocorrência de um decréscimo muito ligeiro consequente da irregularidade da freqüência dos eventos extremos no período de 1999 a 2019. A análise dos gráficos da figura 11 revelam também que a freqüência de tempestades de menor intensidade, assim como de maior intensidade, tendem a diminuir (estas últimas muito ligeiramente) enquanto que a ocorrência de tempestades de média intensidade aumenta, sendo estas tendências idênticas para o número de dias tempestuosos (Figura 12).

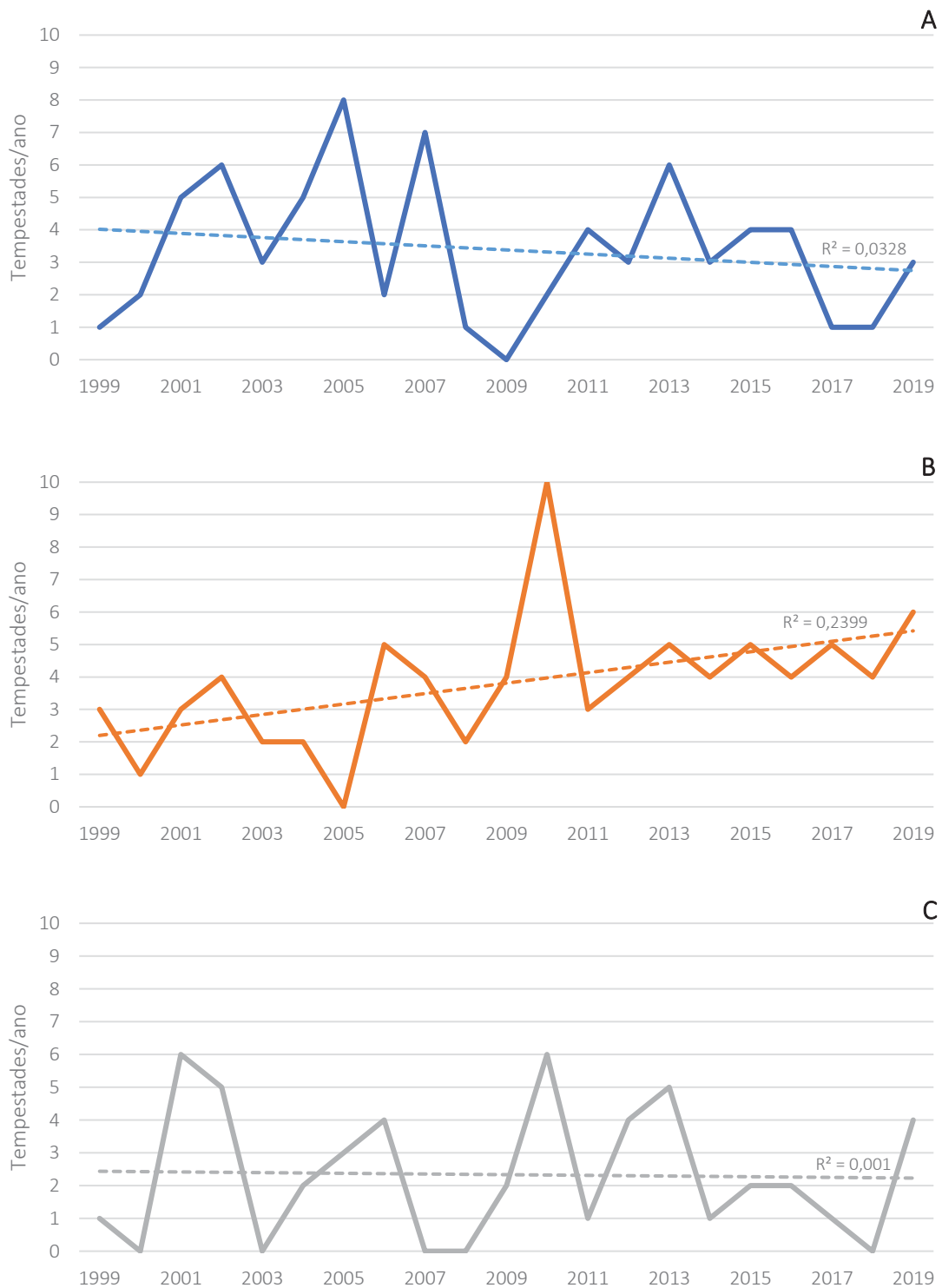


Figura 11 – Séries temporais da frequência absoluta anual das tempestades de acordo com a sua intensidade para São Miguel (A: Intensidade I; B: Intensidade II; C: Intensidade III+IV).

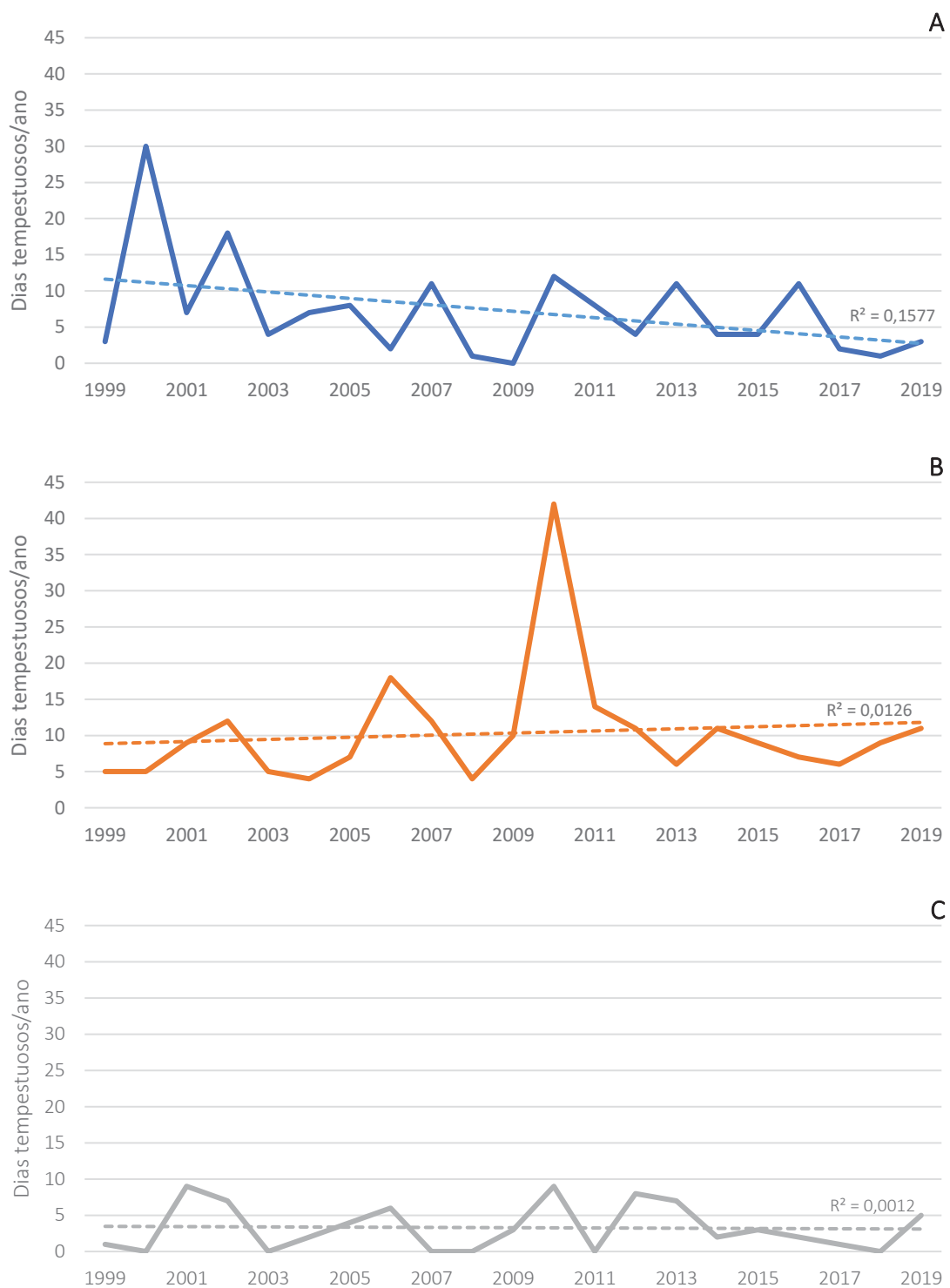


Figura 12 – Séries temporais da frequência absoluta anual de dias tempestuosos de acordo com a sua intensidade para São Miguel (A: Intensidade I; B: Intensidade II; C: Intensidade III+IV).

5.2.2. CARACTERIZAÇÃO DA TEMPESTUOSIDADE

A informação descrita previamente abrange um período de 21 anos tendo-se obtido um total de total de 217 tempestades. Contudo, após a sua triagem a Série A de tempestades (Anexo 2) contém 200 eventos para a ilha de São Miguel. Na tabela 2 estão resumidos os dados estatísticos da série estudada.

Segundo os dados obtidos através das fontes documentais as tempestades são frequentes na ilha de São Miguel tendo dos 7670 dias (21 anos), 437 dias sido tempestuosos (cerca de 6%).

Tabela 2 – Dados estatísticos da tempestuosidade em São Miguel entre 1999 e 2019.

Período (1999-2019)	Ilha de São Miguel
Duração média das tempestades (dias)	2,2
Duração máxima (dias)	28
Frequência média (tempestades/ano)	9,5
Duração média dos eventos extremos [classe III+IV] (dias)	1,4
Duração máxima dos eventos extremos [classe III+IV] (dias)	4
Média de eventos extremos [classes III+IV]/ano	2,3
Duração média dos eventos da classe II (dias)	2,7
Duração média dos eventos da classe I (dias)	2,1
Total de tempestades	200
Total de dias de tempestade	437

As tempestades de baixa intensidade (classes I e II) correspondem a 35,5% e 40% do total das ocorrências, respetivamente, e têm, por essa ordem, uma duração média de 2,1 e 2,7 dias. Em relação aos eventos extremos (classe III+IV), estes representam 25,5% do total dos eventos e em média ocorrem 2,3 eventos por ano com duração média de 1,4 dias e com duração máxima de 4 dias (11–14 maio de 2012). A intensidade média das tempestades é de 1,9 (numa escala de 1 a 4) e a duração média de uma tempestade

é de 2,2 dias sendo que o evento mais longo teve uma duração de 28 dias (4–28 dezembro de 2000), muito provavelmente devido à passagem sucessiva/contínua de centros de baixas pressões e afins. A duração mínima registada foi de 1 dia, uma vez que a fonte de informação é diária. A frequência média anual de tempestades é de 9,5 tempestades/ano onde um evento de baixa intensidade (classe I e II) acontece em média 7 vezes a cada ano. O período de inverno (considerou-se o inverno marítimo que se estende de outubro a março) contribuiu com 71% do total de tempestades registadas e com 82% do total de dias tempestuosos identificados sendo durante essa estação, os meses de dezembro e de janeiro os que contribuem com a maior percentagem de dias tempestuosos.

5.3. TEMPESTUOSIDADE NOS AÇORES

5.3.1. SÉRIES DE TEMPESTUOSIDADE

Nas figuras 13 e 14 estão representadas as séries de frequência absoluta anual das tempestades obtidas através da compilação documental.

Para os Açores, a frequência anual de tempestades (Figura 13) também aumenta de forma linear, mas mais acentuada que para São Miguel. O ano de 2010 é igualmente o ano de maior frequência anual de tempestades, assim como 2008 é o ano que se verifica a diminuição mais expressiva em relação ao ano anterior o que traduz num ligeiro *plateau* na curva de frequência acumulada no referido ano. Os anos de 2013 e 2017 também foram anos de frequências de tempestades significativas. Deste modo, a série temporal mostra que a frequência de tempestades por ano tem uma tendência muito positiva implicando um aumento considerável da frequência de tempestades de 1999 a 2019 nos Açores.

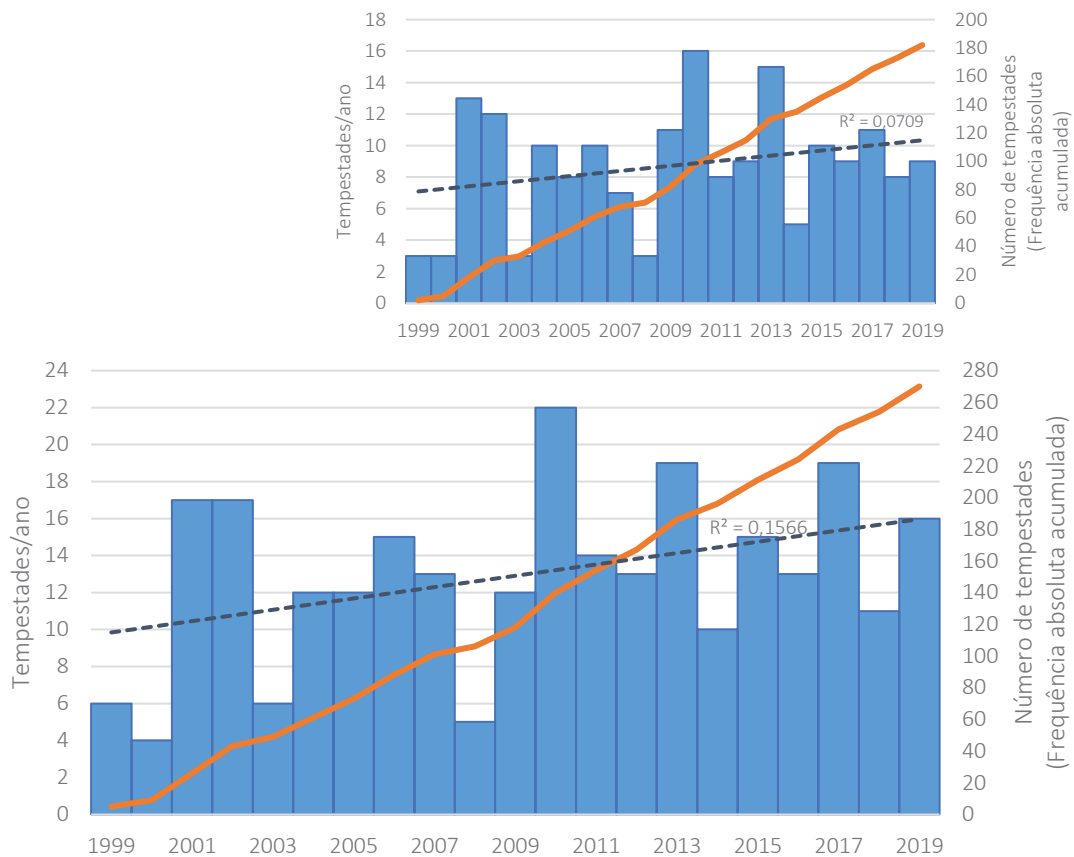


Figura 13 – Histograma de frequência absoluta anual de tempestades para os Açores (do tipo A, B, C e D conforme descrito no Capítulo 2), curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear. O gráfico inserido é equivalente ao inverno.

Relativamente à frequência de tempestades de origem marinha (tipo A e D conforme descrito no Capítulo 2; Figura 14), é possível constatar que estas apresentam maior expressividade para o arquipélago dos Açores em geral, sendo mais regulares, não apresentando aparentemente ao longo dos 21 anos nenhuma tendência evolutiva (nem positiva nem negativa) mantendo-se constante como se pode ver na figura 14. A maior diferença é entre o ano de 2006 e o de 2007, onde o número de tempestades deste género diminui consideravelmente, atingindo o valor mais baixo que se mantém no ano seguinte, só igualado em 2000. Porém após este mínimo segue-se um crescendo no número de tempestades por ano atingindo outro pico máximo no ano de 2010. Nos anos de 2006 e 2010 é quando se regista a maior frequência de tempestades de origem marinha (tipo A e D; 9 tempestades/ano).

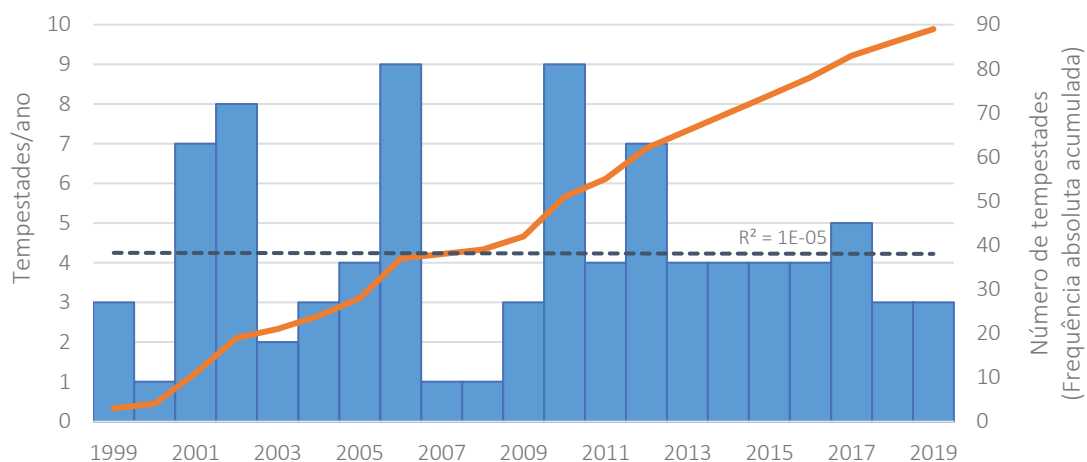


Figura 14 – Histograma de frequência absoluta anual de tempestades de origem marinha (tipo A e D) para os Açores, curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear.

Em relação ao número de dias tempestuosos por ano, para todos os tipos de tempestades, a figura 15 revela que a frequência de dias tempestuosos aumenta, mas de forma muito pouco significativa e a um ritmo lento. No ano de 2010 regista-se igualmente o maior número de dias tempestuosos (72 dias) com uma grande diferença em relação aos anteriores (2008 e 2009) que apresentam poucos dias tempestuosos. Entre 2007 e 2009 o *plateau* na curva de frequência absoluta acumulada reflete esse decréscimo na frequência de dias tempestuosos cujo mínimo ocorre no ano de 2008.

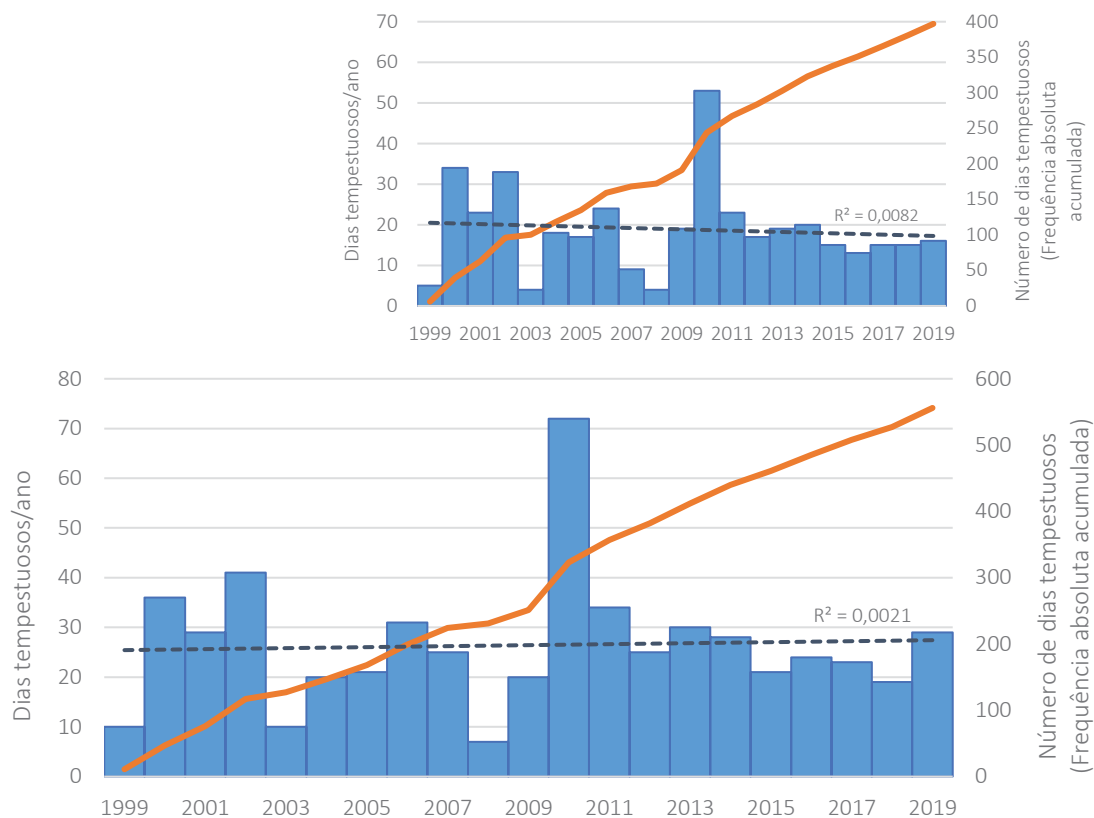


Figura 15 – Histograma de frequência absoluta anual de dias tempestuosos para os Açores, curva de frequência acumulada e ajuste de regressão linear. O gráfico inserido é equivalente ao inverno.

Como se pode observar nos gráficos circulares de frequência absoluta anual de tempestades e dias tempestuosos para cada mês (Figura 16), dezembro é o mês que contém o maior número de tempestades e de dias tempestuosos nos 21 anos em estudo para os Açores. Em contrapartida, julho é o mês que apresenta menos tempestades e dias tempestuosos. As proporções de frequência anual de tempestades praticamente correspondem às proporções de dias tempestuosos para cada mês indicando que o mês com menos tempestades é, do mesmo modo, o mês com menos dias tempestuosos e vice-versa.

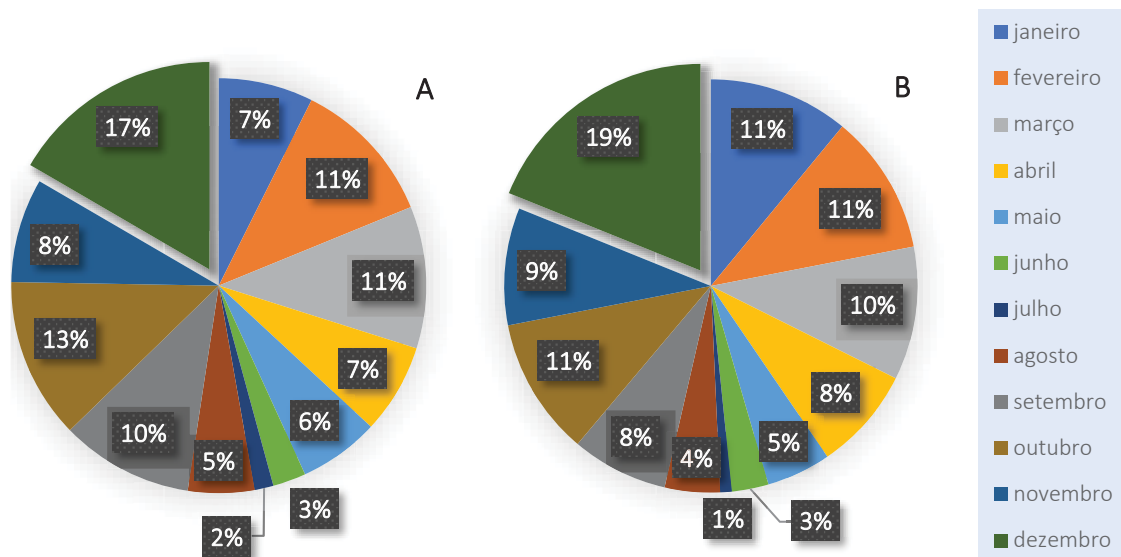


Figura 16 – A: gráfico circular de frequência absoluta anual de tempestades para cada mês para os Açores. **B:** gráfico circular de frequência absoluta anual de dias tempestuosos para cada mês.

A evolução do número de tempestade e de dias tempestuosos por ano para cada intensidade está representada nos gráficos das figuras 17 e 18. Identificou-se um conjunto de 271 tempestades, sendo 108 de intensidade I; 102 de intensidade II; 49 de intensidade III e 12 de intensidade IV. Quanto aos dias tempestuosos, contabilizou-se 555 dias, 175 foram de intensidade I; 291 de intensidade II; 72 de intensidade III e 17 de intensidade IV. Do mesmo modo que se procedeu para São Miguel, juntou-se igualmente as tempestades de intensidade III e IV que dizem respeito a eventos extremos (cf. Subcapítulo 5.2.2.). Observando os gráficos de ambas figuras é possível perceber que o número de tempestades e de dias de tempestuosos com intensidade I tende a aumentar ao longo dos 21 anos nos Açores. No entanto, para a intensidade II, quanto ao número de tempestades verifica-se um aumento, mas no que diz respeito à duração dessas tempestades (dias tempestuosos) observa-se um decréscimo ao longo dos anos. Relativamente ao número de tempestades e de dias tempestuosos com intensidade III+IV constata-se que há um aumento sugerindo um incremento na ocorrência de eventos extremos nos Açores entre 1999 e 2019.

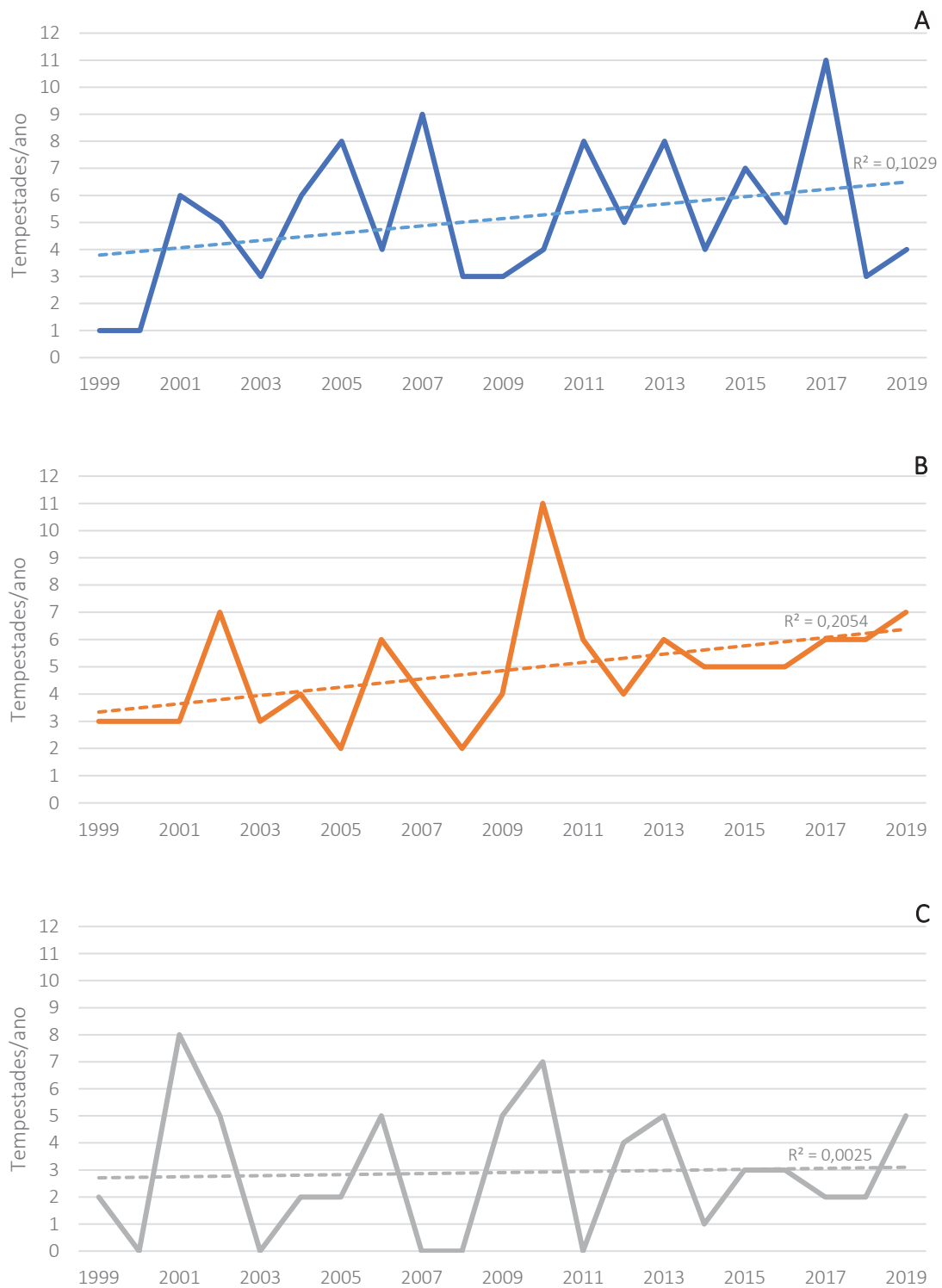


Figura 17 – Séries temporais da frequência absoluta anual das tempestades de acordo com a sua intensidade para os Açores (A: Intensidade I; B: Intensidade II; C: Intensidade III+IV).

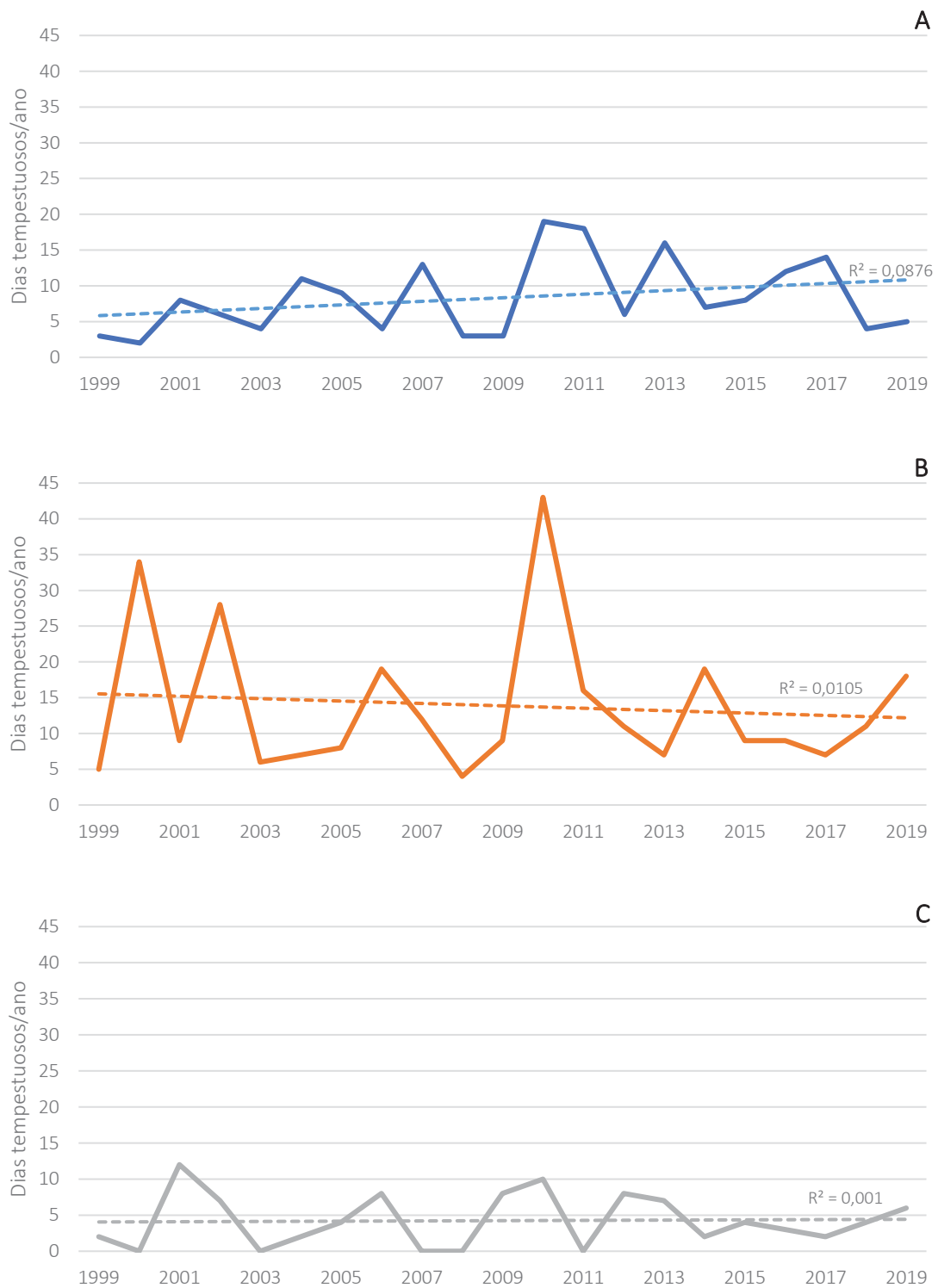


Figura 18 – Séries temporais da frequência absoluta anual de dias tempestuosos de acordo com a sua intensidade para os Açores (A: Intensidade I; B: Intensidade II; C: Intensidade III+IV).

5.3.2. CARACTERIZAÇÃO DA TEMPESTUOSIDADE

A informação descrita anteriormente compreende um período de 21 anos, tendo sido identificando nas fontes documentais um total de 289 tempestades para os Açores. Todavia, depois de seriados e validados os dados, a série de tempestade para os Açores (Série B) passou a contar só com 271 eventos (Anexo 3). Na tabela 3 estão resumidos os dados estatísticos da série estudada para os Açores.

De acordo com os resultados obtidos, recorrendo a fontes documentais, as tempestades são frequentes no arquipélago tendo dos 7670 dias (21 anos) 555 dias sido tempestuosos (cerca de 7%).

Tabela 3 – Dados estatísticos da tempestuosidade nos Açores entre 1999 e 2019.

Período (1999-2019)	Arquipélago dos Açores
Duração média das tempestades (dias)	2,0
Duração máxima (dias)	28
Frequência média (tempestades/ano)	12,9
Duração média dos eventos extremos [classe III + IV] (dias)	1,5
Duração máxima dos eventos extremos [classe III + IV] (dias)	4
Média de eventos extremos [classes III + IV]/ano	2,9
Duração média dos eventos da classe II (dias)	2,9
Duração média dos eventos da classe I (dias)	1,6
Total de tempestades	271
Total de dias de tempestade	555

No que toca às tempestades de baixa intensidade (classes I e II), estas correspondem a 39,9% e 37,6% do total das ocorrências, respetivamente, e têm, por essa ordem, uma duração média de 1,6 e 2,9 dias. Os eventos extremos (classe III+IV), constituem 22,5% do total dos eventos e sucedem em média 2,9 eventos por ano com duração média de 1,5 dias. A duração máxima é a mesma que a observada para a séries

respeitante a São Miguel (de 4 dias). A intensidade média das tempestades é de 1,7 e a duração média de uma tempestade é de 2 dias, sendo o evento mais longo o mesmo que foi identificado na Série A referente a São Miguel (4–28 dezembro de 2000) pelas razões referidas anteriormente (cf. Subcapítulo 5.2.2.). No que diz respeito à duração mínima registada esta foi de um 1 dia uma vez que a fonte de informação é diária, tal como mencionado para a Série A (cf. Subcapítulo 5.2.2.). A frequência média anual de tempestades é de 12,9 tempestades/ano onde um evento de baixa intensidade (classe I e II) ocorre em média 10 vezes a cada ano. O período de inverno (outubro a março) contribuiu com cerca de 68% do total de tempestades assinaladas e com 71% do total de dias tempestuosos registados na Série B (Açores). Ao longo deste intervalo de tempo, o mês de dezembro foi o que contribuiu com a maior percentagem de dias tempestuosos seguido dos meses de fevereiro, março e outubro com a mesma percentagem de dias tempestuosos.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A análise das séries temporais de frequência de tempestades, de dias tempestuosos, das intensidades e das tempestades para cada mês, quer especificamente para São Miguel, quer para o arquipélago dos Açores, mostram que a tempestuosidade em São Miguel, bem como nos Açores caracteriza-se por apresentar uma variação interanual sugerindo que nos 21 anos correspondentes ao período entre 1999 e 2019 as características das tempestades nos Açores continuaram a evoluir em alguns aspetos no sentido da tempestuosidade caracterizada para 1835–1998, noutros casos em direções diferentes.

No que diz respeito à tempestuosidade para a ilha de São Miguel, apesar da frequência de tempestades de todos os tipos apresentar um ligeiro aumento ao longo dos 21 anos, a frequência de tempestades de expressão marinha (tipo A e D, cf. Capítulo 2) diminuiu para o mesmo período. Esta diminuição na frequência de tempestades de expressão marinha muito provavelmente deve-se ao facto do jornal Açoriano Oriental noticiar, em alguns casos, tempestades referindo-se apenas ao vento, não fazendo menção da ondulação e a memória pessoal recorda que em alguns desses eventos tempestuosos, para além do vento, o mar apresentava-se igualmente tempestuoso, embora com menor magnitude que a tempestade noticiada, no que diz respeito ao vento. Para além deste facto é também sabido que o vento é gerador das ondas do mar, quer próximo da costa quer ao largo (e.g. Brown *et al.*, 1995 para revisão crítica) e, portanto, muito provavelmente, em algum desses casos terá sido responsável pela geração de ondas próximo da costa. A frequência dos dias tempestuosos em São Miguel diminuiu entre 1999 e 2019, assim como a frequência de tempestades e de dias tempestuosos de intensidade I, sugerindo que o número de tempestades continua a aumentar, mas com menor duração e maior intensidade. As tempestades de intensidade II para São Miguel são as mais frequentes e com maior durabilidade. O número de eventos extremos (classe III+IV) ao longo do período temporal considerado diminuem ligeiramente em São Miguel, em sentido contrário à tendência geral do Arquipélago, isto porque as tempestades na generalidade dos casos afetam as ilhas mais ocidentais dos Açores, sendo as do Grupo

Ocidental e as do Grupo Central, em particular as ilhas do Faial, Pico e São Jorge (pela sua proximidade geográfica), as mais afetadas. O inverno (outubro a março) é a estação em que ocorrem mais tempestades em São Miguel, apesar de no verão (abril a setembro) registarem-se alguns eventos extremos, nomeadamente furacões e/ou tempestades tropicais, sendo estas tempestades mais comuns no mês de setembro.

Para o período compreendido entre 1999 e 2019 a frequência de tempestades de todos os tipos aumenta nos Açores de forma mais expressiva que para São Miguel. As tempestades de origem marinha (tipo A e D, cf. Capítulo 2) embora também diminuam em frequência, não apresentam uma tendência evolutiva positiva ou nem negativa para os Açores em geral, ao contrário da tendência específica para São Miguel que era claramente decrescente. Por outro lado, e ao contrário do verificado para São Miguel, a frequência de dias tempestuosos, ainda que de forma pouco significativa, aumenta. Isto sugere efetivamente que há ilhas que estão sujeitas a mais tempestades e que têm mais dias tempestuosos que a ilha de São Miguel. O Grupo Ocidental é certamente o grupo mais afetado uma vez que uma grande parte das notícias recolhidas para os Açores muitas das vezes diziam só respeito a este grupo do Arquipélago. O cenário é idêntico para o inverno (outubro a março) altura em que ocorrem mais tempestades e dias tempestuosos na região. A frequência de tempestades e dias tempestuosos de intensidade I no Arquipélago, quando comparado só com a ilha de São Miguel, há uma grande diferença, pois nos Açores a frequência de tempestades e número de dias tempestuosos aumentam de forma bastante expressiva apresentando, no entanto, uma duração média dos eventos desta intensidade mais baixa (1,6 dias) que para São Miguel (2,1 dias). No que diz respeito à frequência de tempestades de intensidade II há um aumento, mas em contrapartida no número de dias tempestuosos da mesma intensidade ocorre uma diminuição, mas a duração média é semelhante entre os Açores e São Miguel para esta intensidade. Além disso, a intensidade média e a duração média de uma tempestade são semelhantes entre os Açores e São Miguel. Quanto aos eventos de baixa intensidade (classe I e II) na ilha de São Miguel estes ocorrem em média 7 vezes por ano e 10 vezes por ano nos Açores. Por sua vez, a frequência média de tempestades é muito superior para os Açores (12,9 tempestades/ano), do que para São Miguel (9,5 tempestades/ano). Se em São Miguel entre 1999 e 2019 a tendência da frequência de

eventos extremos é decrescente ocorrendo em média 2 eventos por ano com duração média de 1,5 dias, nos Açores esta tendência aumentou consideravelmente nos 21 anos em questão e foram registados em média 3 eventos extremos por ano com duração média igualmente de 1,5 dias. As tempestades de baixa intensidade (classe I e II) em São Miguel representam cerca 75%, e os eventos extremos correspondem a cerca de 25% do total das ocorrências. Nos Açores, as tempestades de baixa intensidade (classe I e II) correspondem a 77,5% enquanto que as tempestades da classe III+IV (eventos extremos) representam 22,5% do total das ocorrências.

O ano de 2010 é claramente o pior ano a nível de temporais, com 18 tempestades e 63 dias tempestuosos identificados em São Miguel e 22 tempestades e 72 dias tempestuosos registados nos Açores. Os meses de março, outubro e dezembro desse ano foram os que mais contribuíram para a tempestuosidade. A tempestade do dia 1 de março de 2010, que foi um evento extremo (classe III+IV), e causou elevados estragos por toda a ilha de São Miguel e em algumas das outras ilhas do Arquipélago provocando danos estimados mais de 15 milhões de euros. A enxurrada que ocorreu nesse dia, consequência da tempestade, arrastou para uma ravina no concelho do Nordeste (São Miguel) um autocarro de transporte escolar com 4 pessoas, vitimando o condutor e uma menina de 10 anos.

A tempestade com a duração máxima foi de 28 dias, registada tanto na Série A como na Série B, e ocorreu entre os dias 4 e 28 de dezembro de 2000. Esta ocorrência terá sido muito provavelmente não um único evento, mas a sucessão de vários, possivelmente resultantes da passagem sucessiva e/ou contínua de centros de baixas pressões e que pelo carácter diário do registo documental o(s) jornalista(s) não se tenha(m) apercebido ou então não sentiram necessidade de os distinguir.

No que diz respeito ao evento extremo (classe III+IV) com a duração máxima (4 dias) corresponde à tempestade que ocorreu entre os dias 11 e 14 de maio de 2012, tendo causando inundações e cortes nas estradas em São Miguel, assim como em outras ilhas nomeadamente na Terceira e nas Flores. Esta tempestade provocou estragos na ordem dos 4 milhões de euros, tendo por exemplo destruído uma ponte cortando em mais de 50 metros a estrada regional 9-1 no troço que liga a Vigia das Feteiras à Vista do

Rei na ilha de São Miguel. Adicionalmente, esta tempestade provocou, devido ao corte das ligações aéreas e marítimas com o Grupo Ocidental, a rutura de bens essenciais na ilha das Flores. A falta de limpeza das grotas e das ribeiras potenciou as inundações e os galgamentos fluviais em várias ilhas na sequência da ocorrência de precipitação anormalmente elevada.

Estes resultados, sugerem mais uma vez que a tempestuosidade embora na mesma região, a intensidade possa diferir de ilha para ilha o que é reforçado pelo facto de terem sido identificadas 71 tempestades e 118 dias tempestuosos que por exemplo não foram registados na ilha de São Miguel.

Comparando os resultados obtidos por Borges (2003), sumariados no capítulo 4, com os apresentados nesta dissertação relativamente aos Açores, enquanto que as tempestades de baixa intensidade (classe I e II) entre 1835 e 1998 constituíram 86% das ocorrências, as tempestades de baixa intensidade (classe I e II) de 1999 a 2019 representaram 77,5% dos eventos, ou seja, cerca de menos 10% de tempestades de baixa intensidade. Os eventos extremos (classe III + IV) de 1835 a 1998 contribuíram com 5% do total de 509 eventos tempestuosos identificados, enquanto que entre 1999 a 2019 as tempestades de alta intensidade (classe III + IV) contribuíram com 22,5% do total de 271 tempestades registadas. Neste caso verifica-se uma grande diferença relativa não só a nível da proporção de tempestades, como de intensidades. Para um período de 21 anos identificou-se metade do número de tempestades registadas por Borges (2003) em 164 anos. Este incremento acentuado no número de eventos extremos nos últimos 21 anos pode corresponder a um aumento efetivo da tempestuosidade, como pode representar um pico interdecenal numa curva de tendência crescente da tempestuosidade nos Açores. Este crescimento acentuado nos últimos 21 anos pode ficar mais desvanecido numa série temporal mais longa que certamente poderá dissipar dúvidas ou apontar tendências mais claras. A construção desta série poderá ser feita com dados novos, no mínimo daqui a 10 anos ou então fundir as duas séries temporais existentes construindo uma desde 1835 até 2019 (185 anos), o que poderá ser um trabalho a realizar no futuro próximo, no seguimento da investigação que suportou a presente dissertação, assim como a utilização de mais fontes documentais como o jornal Correio dos Açores ou o Diário dos Açores, não só para complementar, mas para validar informação ou ainda

correlacionar a Série B (Açores) de 21 anos com a NAO, para o mesmo espaço temporal, ou a série longa de 185 anos relacioná-la igualmente com a NAO. Borges (2003) obteve um valor de intensidade média para as tempestades de 1,9 e uma duração média de 2,3 dias, enquanto que para o intervalo entre 1999 a 2019 a intensidade média é de 1,7 e duração média de 2,0 dias, o que sugere um ligeiro decréscimo dos valores médios. Por outro lado, Borges (2003) refere uma a frequência média anual de 3,1 tempestades/ano e no presente trabalho obteve-se uma frequência média anual de 12,9 tempestades/ano. Esta diferença que corresponde a mais do quádruplo deve ser encarada com prudência pois, tal como mencionado anteriormente neste parágrafo, refere-se a uma série de 21 anos e não de 30 anos, podendo corresponder a uma variação interdecenal e aparecer mais suavizada numa série de 185 anos (1835–2019). O período do inverno (outubro a março) tanto no período de 1835 a 1998 e como no de 1999 a 2019 contribui com mais de 65% das tempestades sendo que o inverno no primeiro intervalo temporal contribuiu com uma percentagem maior de tempestades. O mês de dezembro continua a ser aquele que contribui com a maior percentagem de temporais. Entre 1835 e 1998 uma tempestade de baixa intensidade ocorreu 4 vezes em cada 5 anos e um evento extremo uma vez em cada 7 anos, enquanto que de 1999 a 2019 um evento de baixa intensidade (classe I e II) ocorre em média 10 vezes por ano e um evento extremos (classe III+IV) acontece, em média, cerca de 3 vezes a cada ano.

A investigação desenvolvida no âmbito da presente dissertação permite confirmar aquilo que diversos investigadores já afirmaram como resultado das suas investigações (e.g. Borges, 2003; Santos *et al.*, 2004; Miranda *et al.*, 2006; Tomé, 2013), ou seja, em consequência das alterações climáticas as tempestades serão cada vez mais frequentes (Borges, 2003; Miranda *et al.*, 2006; Tomé, 2013), curtas e intensas (Borges, 2003). Deste modo, de ano para ano a possibilidade de ocorrência de eventos extremos aumenta. O recente temporal do passado dia 25 de junho do corrente ano é exemplo disso mesmo, tendo causado elevados prejuízos e duas vítimas mortais no concelho da Povoação (São Miguel) devido às cheias fluviais. Sendo os Açores um arquipélago de ilhas pequenas localizadas em pleno Atlântico Norte, onde a zona de coleta é extensa torna-a uma região vulnerável e cada vez mais exposta a esse tipo de eventos, razão pela qual a prevenção e conscientização da população e dos decisores é de extrema importância. A aprendizagem

com a ocorrência de eventos desta natureza e com a investigação dos mesmos possibilita que se alterem os planos de emergência, de gestão e ordenamento, normas e decretos legislativos de modo a que os impactos do aumento e da intensidade da tempestuosidade sejam menores e ocorra uma mitigação e adaptação às alterações climáticas mais efetiva. Torna-se, pois, necessário que haja uma política clara de desenvolvimento sustentável apoiada em planos de gestão e ordenamento territorial que visem a mitigação e adaptação aos perigos naturais, bem como a valorização e a rentabilização que os recursos naturais podem constituir, fazendo-os perdurar no presente e no futuro, minimizando os impactos causados pelas tempestades, sobretudo eventos extremos, no Arquipélago.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Açoriano Oriental – História do "Açoriano Oriental": Um breve resumo. Disponível em: <https://www.acorianooriental.pt/pagina/acerca-do-jornal> (acedido em abril 2021).
- Agostinho, J. (1938). Clima dos Açores. *Açoreana*, 2(1): 35-65.
- Agostinho, J. (1939). Clima dos Açores. *Açoreana*, 2(2): 107-118.
- Agostinho, J. (1940). Clima dos Açores. *Açoreana*, 2(3): 160-173.
- Agostinho, J. (1941). Clima dos Açores. *Açoreana*, 2(4): 224-267.
- Agostinho, J. (1942). Clima dos Açores. *Açoreana*, 3(1): 49-73.
- Agostinho, J. (1947). Clima e vegetação. *Açoreana*, 4(2): 149-181.
- Agostinho, J. (1948). Clima dos Açores. Contribuição para o estudo da sua variação secular. *Açoreana*, 4(3): 263-266.
- Almeida, L. P., Ferreira, Ó., Voudoukas, M. I., Dodet, G. (2011). Historical variation and trends in storminess along the Portuguese South Coast. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(9) 2407-2417.
- Andrade, C., Borges, P., Freitas, M.C., (2006). Historical Tsunami in the Azores Archipelago (Portugal). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 156, 172-185.
- Andrade, C., Teixeira, S., Reis, R., Freitas, C. (1996). *The record of storminess of the Portuguese NW coast in newspaper sources. In "Partnership in coastal zone management"*. Taussik, J., Mitchell, J., Editors. Samara, 159-166.
- Andrade, C., Trigo, R. M., Freitas, M. C., Gallego, M. C., Borges, P., Ramos, A. M. (2008). Comparing historic records of storm frequency and the North Atlantic Oscillation (NAO) chronology for the Azores region. *The Holocene*, 18(5) 745-754.
- Azevedo E. B., Pereira L. S., Itier B. (1999). Modelling the local climate in island environments: water balance applications. *Agricultural Water Management*, 40: 393-403.
- Azevedo, A. (2006). *O anticiclone dos Açores*. Tipografia Guerra, Viseu, 73 pp.
- Azevedo, E. B. (1996). *Modelação do Clima Insular à Escala Local. Modelo CIELO aplicado à ilha Terceira*. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo. 247 pp.
- Azevedo, E. B. (2001). Condicionantes Dinâmicas do Clima do Arquipélago dos Açores. Elementos para o seu estudo. *Açoreana*, 9: 309-317.

- Azevedo, E. B. (2002). O Clima dos Açores. Enciclopédia Açoriana. Direção Regional da Cultura, Governo Regional dos Açores. Disponível em: <http://www.culturacores.azores.gov.pt/ea/pesquisa/default.aspx?id=1903> (acedido em junho 2021).
- Barcikowska, M. J., Weaver, S. J., Feser, F., Russo, S., Schenk, F., Stone, D. A., Wehner M.F., Zahn, M. (2018). Euro-Atlantic winter storminess and precipitation extremes under 1.5° C vs. 2° C warming scenarios. *Earth System Dynamics*, 9(2), 679-699.
- Baron, W. (1995) – *Historical climate records from the northeastern United States, 1640 to 1900*. In “Climate Since A.D. 1500”. Bradley, R.S., Jones, P.D., Editors. Routledge, London, 74-91.
- Bessone, P. (1932). *Dicionário cronológico dos Açores*. Cambridge, Massachusetts, 446 pp.
- Bettencourt, M.L. (1979). O clima de Portugal. *Inst. Nac. Met. Geof.*, XVIII, 103 pp.
- Borges, P. (2003). *Ambientes litorais nos grupos Central e Oriental do arquipélago dos Açores, conteúdos e dinâmica de microescala*. Tese de Doutoramento, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 413 pp.
- Borges, P., Ng, K. (2021). Exploring land-sea interactions through the lens of physical processes: learning from historical coevolution of human-geomorphology and imagining the future at Santa Barbara, Azores. *Açoreana*, XI(3): xxx-yyy. (*in press*)
- Borges, P., Andrade, C. (1999). Storm characterization in the Azores archipelago on the XIX and XX centuries. Unpublished *Technical Report/Project STORMS - Storminess and Environmentally Sensitive Atlantic Coastal Areas of the European Union*, 72 pp.
- Borges, P., Andrade, C., Freitas, M.C. (2008b). *Tsunamis históricos na ilha do Faial (Açores-Portugal)*. In "Sismo 1998-Açores. Uma Década Depois". Oliveira, C.S., Costa, A., Nunes, J.C. Editores. SPRHI, SA. Horta, 707-716 pp.
- Borges, P., Andrade, C., Freitas, M.C., Forjaz, V.H., Fontiela, J. (2008a). Updating the post 15th century record of tsunami in the Azores archipelago (Portugal). *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-05834, EGU General Assembly 2008, 2 p.
- Borges, P., Ng, K., Calado, H. (2011). *Coastal Hazards in the Azores Archipelago - coastal storms and flooding*. In Micallef, A. (ed.), MCRR3-2010 Conference Proceedings, Journal of Coastal Research, Special Issue, No. 61, pp. 474. Grosseto, Tuscany, Italy, ISSN 0749-0208.
- Bradley, R. (1999). *Paleoclimatology*. Academic Press, San Diego, 613 pp.
- Brown, J., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., Wright, J. (1995). *Waves, tides and shallow-water processes*. Pergamon/Open University, Exeter, 197 pp.

- Bruun, P. (1962). Sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of the Waterways and Harbors division*, 88(1) 117-130.
- Bruun, P. (1983). Review of conditions for uses of the Bruun rule of erosion. *Coastal Engineering*, 7(1) 77-89.
- Calado, H., Borges, P., Ng, K., Vergílio, M. (2018). *Case study Portugal: addressing tourism development and climate change in small Atlantic islands – the case of the Azores*. In "Global Climate Change and Coastal Tourism: recognizing problems, managing solutions and future expectetions". Jones, A., Phillips, M. Editors. CABI Publishing, 125-137 pp.
- Calado, H., Borges, P., Phillips, M., Ng, K., Alves, F. (2011b). The Azores archipelago, Portugal: improved understanding of small island coastal hazards and mitigation measures. *Natural Hazards* 58(1) 427-444.
- Calado, H., Ng, K., Borges, P., Alves, F., Sousa, L. (2011a). *Climate change and coastal tourism in the Azores archipelago*. In "Disappearing Destinations: Climate Change and Future Challenges for Coastal Tourism". Jones, A., Phillips, M. Editors. CABI Publishing, 111-124 pp.
- Carter, R.W.G. (1999). *Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. 7^a ed., Academic Press, London, 617 pp.
- Carvalho, F., Meirelles, M., Henriques, D., Navarro, P. (2020). Alterações Climáticas e o aumento de eventos extremos nos Açores. *Boletim do Núcleo Cultural da Horta*, 29: 95-108.
- Dawson, A., Andrade, C., Hickey, K., Freitas, M. C., Borges, P. (2001). Comparing historic storminess records and the North Atlantic Oscillation (NAO) chronology for the Azores and northern North Atlantic region. *Eos. Trans. AGU*, 82(20), Spring Meet. Suppl., Abstract OS52B-02.
- Dawson, A., Elliott, L., Noone, S., Hickey, K., Holt, T., Wadhams, P., Foster, I. (2004). Historical storminess and climate 'see-saws' in the North Atlantic region. *Marine Geology*, 210, 247-259.
- Ferreira, D.B. (1980). *Contribution à l'Étude des Vents et de l'Humidité dans les Iles Centrales de l'Archipel des Açores*. Thèse pour le Doctorat de Troisième Cycle, 2 vol. Centro de Estudos Geográficos. Lisboa. 329 pp.
- Ferreira, D.B. (1981a). Les mécanismes des pluies et les types de temps de saison fraîche aux Açores. *Finisterra*, 16(31): 15-61.
- Ferreira, D.B. (1981b). Les types de saison chaude aux Açores. *Finisterra*, 16(32): 231-260.

- Frutuoso, G. (circa 1586) – *Saudades da Terra*, vols.1 a 6. Edição anotada 1998, ICPD, Ponta Delgada.
- Godschalk, D.R., Brower, D.J., Beatley, T. (1989). *Catastrophic coastal storms, hazard mitigation and development management*. Duke University Press, Durham, 275 pp.
- Hernández, A., Kutiel, H., Trigo, R. M., Valente, M. A., Sigró, J., Cropper, T., & Santo, F. E. (2016). New Azores archipelago daily precipitation dataset and its links with large-scale modes of climate variability. *International Journal of Climatology*, 36(14) 4439-4454.
- Hernández, A., Sáez, A., Bao, R., Raposeiro, P. M., Trigo, R. M., Doolittle, S., Masqué, P., Rull, V., Gonçalves, V., Vázquez—Loureiro, D., Rubio-Inglès, M., Sánchez-López, G., Giral, S. (2017). The influences of the AMO and NAO on the sedimentary infill in an Azores Archipelago lake since ca. 1350 CE. *Global and Planetary Change*, 154, 61-74.
- Hickey, K. R. (1997). *Documentary records of coastal storms in Scotland, 1500-1991 AD*. PhD thesis, Coventry University, Coventry, United Kingdom, 602 pp.
- IH (1981). *Roteiro do arquipélago dos Açores*. Pub. (N)-IH-128-SN, 237 pp.
- IH (2000). *Roteiro da costa de Portugal: Arquipélago dos Açores – 2a Edição*. Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal. 233 pp.
- Krueger, O., Feser, F., & Weisse, R. (2019). Northeast Atlantic storm activity and its uncertainty from the late nineteenth to the twenty-first century. *Journal of Climate*, 32(6) 1919-1931.
- Lamb, H. (1991). *Historic Storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe*. Cambridge University Press, Cambridge, 204 pp
- Lameiras, G., Fontiela, J., Borges, P., Calado, H., Vieira, O., Rangel, B., Gallagher, A. (2009). Coastal hazards of Fajã do Calhau (São Miguel—Azores): a first approach. *Journal of Coastal Research SI 56*, 827-831.
- Laughton, A.S., Whitmarsh, R.B. (1974). *The Azores-Gibraltar plate boundary*. In “Geodynamics of Iceland and the North Atlantic area”. Kristjansson, L., Editor. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 63-81.
- Lima, M. (1943). *Anais do Município da Horta, ilha do Faial*. Minerva, Famalicão, 734 pp.
- Manson, K., Beckinsale, R.P., De Sa, S., Gilbert, E.W. (1945). *Spain & Portugal, the Atlantic islands*. In Geographical Handbook Series Naval Intelligence Division, Oxford, B.R. 502c (4): 371 pp.

- Mimura, N., Nurse, L., McLean, R.F., Agard, J., Briguglio, L., Lefale, P., Payet, R., Sem, R. (2007). *Small islands - Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 687-716.
- Miranda, P.M.A, Valente, M.A.V, Tomé, A.R., Trigo, R., Coelho, M.F., Aguiar, A., Azevedo, B., (2006). *O clima de Portugal nos séculos XX e XXI*. In Santos, F.D., Miranda, P.M.A. (eds) Alterações climáticas em Portugal: cenários, impactos e medidas de adaptação (Projecto SIAM II). Gradiva, Lisboa, 47-113.
- National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), (2021). Atlantic Hurricane Season (1999-2019). Disponível em: <https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=1999&basin=atl> (acedido em junho 2021).
- Needham, H. D., Francheteau, J. (1974). Some characteristics of the rift valley in the Atlantic Ocean near 36° 48' North. *Earth and Planetary Science Letters*, 22(1) 29-43.
- Ng, K., Phillips, M. R., Borges, P., Thomas, T., August, P., Calado, H., Veloso-Gomes, F. (2014). Maintaining a way of life for São Miguel Island (the Azores archipelago, Portugal): an assessment of coastal processes and protection. *Science of the Total Environment*, 481, 142-156.
- Ng, K., Phillips, M.R., Calado, H., Borges, P., Veloso-Gomes, F. (2013). Seeking harmony in coastal development for Small Islands: exploring multifunctional artificial reefs for São Miguel Island, the Azores. *Applied Geography* 44: 99-111.
- Oltmanns, M., Karstensen, J., Moore, G. W. K., Josey, S. A. (2020). Rapid cooling and increased storminess triggered by freshwater in the North Atlantic. *Geophysical Research Letters*, 47(14), e2020GL087207.
- Pirazzoli, P.A., Tomasin, A. (1999). Recent abatement of easterly winds in the northern Adriatic. *International Journal of Climatology*, 19(11): 1205-1219.
- Porteiro, J. (2000). *Lagoas dos Açores. Elementos de Suporte ao Planeamento Integrado*. Tese de Doutoramento, Departamento de Biologia, Universidade dos Açores. Ponta Delgada, 344 pp.
- Raposo, A. G. (1998). Os desabamentos na bacia hidrográfica da Ribeira Quente e sua freguesia, na madrugada de 31 de outubro de 1997. *Açoreana*, 8(4): 571-590.

- Reale, O., Feudale, L., Turato, B. (2001). Evaporative moisture sources during a sequence of floods in the Mediterranean region. *Geophysical Research Letters*, 28(10), 2085-2088.
- Roger, J.B., Turpin, R.N., Brand, S. (1982). Hurricane havens handbook for the North Atlantic Ocean. NAVENVPREDRSCHFAC *Technical Report* TR 82-03.
- Rubio-Ingles, M. J., Sánchez, G., Trigo, R., Francus, P., Gonçalves, V., Raposeiro, P., Freitas, C., Borges, P., Hernández, A., Bao, R., Vázquez-Loureiro, D., Andrade, C., Sáez, A., Giral, S. (2014). Reconstruction of the North Atlantic tropical cyclones in Azores for the last 800 years. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 16, EGU2014-428, EGU General Assembly 2014, 2 p.
- Rusu, E., Onea, F. (2016). Estimation of the wave energy conversion efficiency in the Atlantic Ocean close to the European islands. *Renewable Energy* 85, 687–703.
- Rusu, L., Soares, C.G. (2012). Wave energy assessments in the Azores islands. *Renewable Energy* 45, 183–196.
- Santos F.D., Valente, M.A., Miranda, P.M.A., Aguiar, A., Azevedo, E.B., Tomé, A.R., Coelho, F., (2004), Climate change scenarios in the Azores and Madeira Islands. *World Resource Review* 16(4): 473–491.
- Supico, F.M. (1895-1910) - Escavações, vols. I a III. Edição anotada 1995, ICPD, Ponta Delgada.
- Tomé, R. (2013). *Mudanças climáticas nas regiões insulares*. Tese de doutoramento, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, 116 pp.
- Trouet, V., Scourse, J. D., & Raible, C. C. (2012). North Atlantic storminess and Atlantic Meridional Overturning Circulation during the last Millennium: Reconciling contradictory proxy records of NAO variability. *Global and Planetary Change*, 84, 48-55.
- Valadão, P., Gaspar, J. L., Queiroz, G., Ferreira, T. (2002). Landslides density map of S. Miguel Island, Azores archipelago. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2, 51-56.

ANEXOS

Anexo 1 – Ficha de levantamento de dados para tempestades.

<p>1. FONTE: _____ Data _____</p>	<p>INTENSIDADE</p>	<p>N.º Ficha</p>
<p>2. LOCAL: _____ _____ _____ Observações _____ _____ _____</p>	<p>3. DATAS LIMITES: 3.1 Início _____ 3.2 Fim _____ Duração Aproximada _____ Observações _____ _____</p>	
<p>4. TIPO DE FENÓMENO: 4.1 Temporal <input type="checkbox"/> 4.2 Vendaval <input type="checkbox"/> 4.3 Inundação <input type="checkbox"/> 4.4 Precipitação <input type="checkbox"/> 4.5 Outros <input type="checkbox"/> Observações _____ _____</p>	<p>5. EXTENSÃO GEOGRÁFICA: 5.1 Local <input type="checkbox"/> 5.2 Regional <input type="checkbox"/> Observações _____ _____</p>	
<p>6. DIMENSÃO: 6.1 Ondas 6.1.1 Período _____ 6.1.2 Rumo _____ 6.1.3 Altura _____ 6.2 Vento 6.2.1 Velocidade _____ 6.2.2 Rumo _____ 6.3 Precipitação 6.3.1 Totais _____ Observações _____ _____</p>	<p>7. DANOS 7.1 Embarcações <input type="checkbox"/> 7.2 Viaturas <input type="checkbox"/> 7.3 Árvores <input type="checkbox"/> 7.4 Edifícios <input type="checkbox"/> 7.5 Infraestruturas <input type="checkbox"/> 7.6 Outros <input type="checkbox"/> Observações _____ _____</p>	

Anexo 2 – Série A: Lista de tempestades para São Miguel entre 1999 e 2019.

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
1	Boa	1999	8 – 10 maio	3	I	B
2	Boa	1999	28 agosto	1	II	D
3	Boa	1999	7 setembro	1	II	B
4	Boa	1999	21 – 22 outubro	1	III	A
5	Boa	1999	3 – 6 novembro	3	II	D
6	Boa	2000	6 – 7 abril	2	I	B
7	Boa	2000	25-30 novembro	5	II	B
8	Boa	2000	4 – 31 dezembro	28	I	D
9	Boa	2001	6 – 11 janeiro	5	II	D
10	Boa	2001	6 – 8 fevereiro	2	I	B
11	Boa	2001	25 fevereiro	1	I	B
12	Boa	2001	5 março	1	III	B
13	Boa	2001	6 março	1	III	D
14	Boa	2001	7 – 10 março	3	II	D
15	Boa	2001	22 – 23 agosto	1	II	B
16	Boa	2001	10 – 12 setembro	2	III	B
17	Boa	2001	15 setembro	1	I	C
18	Boa	2001	17 – 19 setembro	2	IV	A
19	Boa	2001	1 – 2 outubro	1	I	C
20	Boa	2001	7 – 8 dezembro	2	I	B
21	Boa	2001	19 – 20 dezembro	1	III	D
22	Boa	2001	27 – 28 dezembro	2	III	D
23	Boa	2002	20 – 29 janeiro	9	I	D
24	Boa	2002	12 – 13 fevereiro	2	III	B
25	Boa	2002	17 – 23 março	4	I	B
26	Boa	2002	28 – 29 março	2	II	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
27	Boa	2002	8 – 9 abril	2	I	B
28	Boa	2002	13 maio	1	I	A
29	Boa	2002	10 setembro	1	I	C
30	Boa	2002	21 setembro	1	I	B
31	Boa	2002	17 – 20 outubro	3	II	D
32	Boa	2002	30 outubro	5	II	B
33	Boa	2002	15 dezembro	1	III	B
34	Boa	2002	16 dezembro	1	III	D
35	Boa	2002	17 – 18 dezembro	2	II	D
36	Boa	2002	21 – 22 dezembro	2	III	D
37	Boa	2002	24 – 25 dezembro	1	III	D
38	Boa	2003	19 fevereiro	1	I	B
39	Boa	2003	11 – 15 abril	4	II	D
40	Boa	2003	14 agosto	1	II	B
41	Boa	2003	17 setembro	1	I	B
42	Boa	2003	5 – 7 novembro	2	I	D
43	Boa	2004	2 fevereiro	1	III	D
44	Boa	2004	4 – 6 fevereiro	3	II	C
45	Boa	2004	7 fevereiro	1	III	B
46	Boa	2004	13 fevereiro	1	I	B
47	Boa	2004	18 fevereiro	1	I	D
48	Boa	2004	25 – 26 março	2	I	B
49	Boa	2004	4 – 5 abril	1	II	B
50	Boa	2004	24 – 26 outubro	2	I	B
51	Boa	2004	12 – 13 dezembro	1	I	B
52	Boa	2005	26 – 27 fevereiro	1	I	A
53	Boa	2005	6 – 8 março	2	III	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
54	Boa	2005	17 – 24 março	7	II	D
55	Boa	2005	8 maio	1	I	D
56	Boa	2005	25 maio	1	I	C
57	Boa	2005	4 setembro	1	I	B
58	Boa	2005	4 – 6 outubro	2	III	B
59	Boa	2005	13 outubro	1	I	B
60	Boa	2005	31 outubro	1	I	B
61	Boa	2005	12 dezembro	1	I	B
62	Boa	2005	23 dezembro	1	I	B
63	Boa	2006	24 fevereiro	1	I	B
64	Boa	2006	14 – 15 março	2	II	D
65	Boa	2006	21 – 27 março	6	II	D
66	Boa	2006	10 – 11 abril	1	I	B
67	Boa	2006	19 – 21 setembro	2	IV	A
68	Boa	2006	13 novembro	1	II	B
69	Boa	2006	24 – 29 novembro	5	II	D
70	Boa	2006	14 – 15 dezembro	2	III	D
71	Boa	2006	16 dezembro	1	III	D
72	Boa	2006	18 dezembro	1	III	B
73	Boa	2006	22 – 26 dezembro	4	II	B
74	Boa	2007	2 janeiro	1	I	C
75	Boa	2007	24 janeiro	1	II	D
76	Boa	2007	13 – 14 fevereiro	1	I	B
77	Boa	2007	24 – 26 fevereiro	1	I	B
78	Boa	2007	14 – 22 abril	8	II	B
79	Boa	2007	1 – 2 junho	2	I	B
80	Boa	2007	16 – 17 julho	2	II	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
81	Boa	2007	9 – 10 setembro	2	I	B
82	Boa	2007	4 novembro	1	II	B
83	Boa	2007	18 – 19 novembro	2	I	B
84	Boa	2007	16 – 18 dezembro	2	I	B
85	Boa	2008	28 – 29 janeiro	2	II	B
86	Boa	2008	7 – 8 abril	2	II	D
87	Boa	2008	29 – 30 dezembro	1	I	C
88	Boa	2009	28 – 30 janeiro	3	II	B
89	Boa	2009	4 – 5 fevereiro	2	II	D
90	Boa	2009	4 – 6 outubro	2	II	B
91	Boa	2009	17 – 19 dezembro	3	II	D
92	Boa	2009	21 dezembro	1	III	B
93	Boa	2009	26 – 28 dezembro	2	III	D
94	Boa	2010	1 – 15 janeiro	14	II	D
95	Boa	2010	6 – 21 fevereiro	15	II	D
96	Boa	2010	1 março	1	III	B
97	Boa	2010	3 março	1	II	B
98	Boa	2010	12 – 14 março	2	III	D
99	Boa	2010	22 março	1	II	B
100	Boa	2010	27 – 28 março	2	II	B
101	Boa	2010	5 – 14 abril	9	I	C
102	Boa	2010	26 abril	1	II	B
103	Boa	2010	6 – 8 maio	3	I	B
104	Boa	2010	25 – 28 agosto	3	II	D
105	Boa	2010	9 – 10 outubro	1	III	D
106	Boa	2010	11 outubro	1	II	D
107	Boa	2010	3 – 4 dezembro	2	III	D

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
108	Boa	2010	6 dezembro	1	III	A
109	Boa	2010	9 dezembro	1	II	B
110	Boa	2010	15 – 16 dezembro	2	III	D
111	Boa	2010	23 – 26 dezembro	3	II	B
112	Boa	2011	2 – 12 janeiro	10	II	B
113	Boa	2011	24 fevereiro	1	I	B
114	Boa	2011	16 maio	1	I	B
115	Boa	2011	26 – 27 setembro	2	II	D
116	Boa	2011	4 – 5 outubro	1	II	B
117	Boa	2011	15 outubro	1	II	B
118	Boa	2011	1 – 6 novembro	5	I	B
119	Boa	2011	30 novembro	1	I	B
120	Boa	2012	20 fevereiro	1	I	B
121	Boa	2012	28 fevereiro	1	I	B
122	Boa	2012	22 março	1	II	B
123	Boa	2012	11 – 14 maio	4	III	D
124	Boa	2012	20 – 21 agosto	1	IV	D
125	Boa	2012	13 – 14 setembro	1	II	B
126	Boa	2012	19 – 21 setembro	2	IV	D
127	Boa	2012	4 – 5 outubro	1	IV	B
128	Boa	2012	17 – 18 outubro	2	I	A
129	Boa	2012	28 – 30 outubro	3	II	D
130	Boa	2012	16 – 22 dezembro	6	II	D
131	Boa	2013	28 janeiro	1	I	C
132	Boa	2013	28 fevereiro	1	III	B
133	Boa	2013	2 – 3 março	1	I	B
134	Boa	2013	8 março	1	III	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
135	Boa	2013	11 – 12 março	2	II	B
136	Boa	2013	14 março	1	III	B
137	Boa	2013	17 – 18 março	2	I	B
138	Boa	2013	20 – 21 março	1	II	B
139	Boa	2013	24 – 25 março	1	II	B
140	Boa	2013	22 – 25 abril	3	I	B
141	Boa	2013	27 – 29 junho	3	I	D
142	Boa	2013	8 – 9 outubro	1	II	B
143	Boa	2013	26 outubro	1	I	B
144	Boa	2013	2 – 4 dezembro	3	III	D
145	Boa	2013	11 – 12 dezembro	1	III	D
146	Boa	2013	29 dezembro	1	II	B
147	Boa	2014	5 – 6 janeiro	2	III	A
148	Boa	2014	8 janeiro	1	II	A
149	Boa	2014	20 janeiro	1	I	B
150	Boa	2014	12-14 maio	2	I	D
151	Boa	2014	30 julho	1	I	B
152	Boa	2014	28 agosto	1	II	B
153	Boa	2014	4 setembro	1	II	B
154	Boa	2014	13 – 21 outubro	8	II	B
155	Boa	2015	14 fevereiro	1	I	B
156	Boa	2015	12 abril	1	I	B
157	Boa	2015	30 abril – 1 maio	2	II	B
158	Boa	2015	12 maio	1	II	B
159	Boa	2015	26 agosto	1	I	C
160	Boa	2015	2 – 3 setembro	1	III	B
161	Boa	2015	27 outubro	1	II	A

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
162	Boa	2015	2 – 5 novembro	4	II	B
163	Boa	2015	06 dezembro	1	I	B
164	Boa	2015	14 – 15 dezembro	2	III	D
165	Boa	2015	25 dezembro	1	II	B
166	Boa	2016	14 – 15 janeiro	1	IV	D
167	Boa	2016	19 – 20 janeiro	2	II	C
168	Boa	2016	23 janeiro	1	III	B
169	Boa	2016	29 março	1	I	C
170	Boa	2016	17 abril	1	II	B
171	Boa	2016	10 maio	1	I	C
172	Boa	2016	30 maio – 7 junho	8	I	B
173	Boa	2016	22 – 24 outubro	3	II	D
174	Boa	2016	30 outubro	1	I	B
175	Boa	2016	30 novembro	1	II	B
176	Boa	2017	24 janeiro	1	II	B
177	Boa	2017	24 abril	1	II	B
178	Boa	2017	9 maio	1	II	B
179	Boa	2017	14 – 15 outubro	1	IV	D
180	Boa	2017	27 outubro	1	II	B
181	Boa	2017	23 – 25 novembro	2	I	B
182	Boa	2017	1 – 2 dezembro	2	II	B
183	Boa	2018	24 – 26 fevereiro	2	II	B
184	Boa	2018	5 abril	1	I	B
185	Boa	2018	3 – 6 outubro	3	II	B
186	Boa	2018	15 – 16 novembro	2	II	D
187	Boa	2018	27 – 28 novembro	2	II	B
188	Boa	2019	20 – 21 fevereiro	2	II	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
189	Boa	2019	23 fevereiro	1	II	B
190	Boa	2019	12 maio	1	II	B
191	Boa	2019	16 junho	1	II	B
192	Boa	2019	10 agosto	1	I	B
193	Boa	2019	19 agosto	1	I	B
194	Boa	2019	17 setembro	1	I	B
195	Boa	2019	1 – 2 outubro	1	IV	D
196	Boa	2019	26-27 outubro	2	IV	B
197	Boa	2019	31 outubro – 1 novembro	1	III	B
198	Boa	2019	25 novembro	1	IV	B
199	Boa	2019	18 – 19 dezembro	2	II	B
200	Boa	2019	24 – 27 dezembro	4	II	B

Anexo 3 – Série B: Lista de tempestades para os Açores entre 1999 e 2019.

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
1	Boa	1999	8 – 10 maio	3	I	B
2	Boa	1999	28 agosto	1	II	D
3	Boa	1999	7 setembro	1	II	B
4	Boa	1999	20 outubro	1	III	B
5	Boa	1999	21 – 22 outubro	1	III	A
6	Boa	1999	3 – 6 novembro	3	II	D
7	Boa	2000	5 março	1	II	B
8	Boa	2000	6 – 7 abril	2	I	B
9	Boa	2000	25 – 30 novembro	5	II	B
10	Boa	2000	4 – 31 dezembro	28	II	D
11	Boa	2001	6 – 11 janeiro	5	II	D
12	Boa	2001	6 – 8 fevereiro	2	I	B
13	Boa	2001	25 fevereiro	1	I	B
14	Boa	2001	28 fevereiro	1	III	B
15	Boa	2001	3 março	1	I	B
16	Boa	2001	5 março	1	III	B
17	Boa	2001	6 março	1	III	D
18	Boa	2001	7 – 10 março	3	II	D
19	Boa	2001	22 – 23 agosto	1	II	B
20	Boa	2001	10 – 12 setembro	2	III	B
21	Boa	2001	15 setembro	1	I	C
22	Boa	2001	17 – 19 setembro	2	IV	A
23	Boa	2001	1 – 2 outubro	1	I	C
24	Boa	2001	7 – 8 dezembro	2	I	B
25	Boa	2001	19 – 20 dezembro	1	III	D
26	Boa	2001	22 – 24 dezembro	2	III	D

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
27	Boa	2001	27 – 28 dezembro	2	III	D
28	Boa	2002	20 – 29 janeiro	9	II	D
29	Boa	2002	12 – 13 fevereiro	2	III	B
30	Boa	2002	17 – 23 março	4	II	B
31	Boa	2002	28 – 29 março	2	II	B
32	Boa	2002	8 – 9 abril	2	I	B
33	Boa	2002	13 maio	1	I	A
34	Boa	2002	15 – 17 agosto	3	II	B
35	Boa	2002	10 setembro	1	I	C
36	Boa	2002	21 setembro	1	I	B
37	Boa	2002	17 – 20 outubro	3	II	D
38	Boa	2002	30 outubro	5	II	B
39	Boa	2002	26 novembro	1	I	D
40	Boa	2002	15 dezembro	1	III	B
41	Boa	2002	16 dezembro	1	III	D
42	Boa	2002	17 – 18 dezembro	2	II	D
43	Boa	2002	21 – 22 dezembro	2	III	D
44	Boa	2002	24 – 25 dezembro	1	III	D
45	Boa	2003	19 fevereiro	1	II	B
46	Boa	2003	11 – 15 abril	4	II	D
47	Boa	2003	14 agosto	1	II	B
48	Boa	2003	17 setembro	1	I	B
49	Boa	2003	5 – 7 novembro	2	I	D
50	Boa	2003	14 novembro	1	I	C
51	Boa	2004	2 fevereiro	1	III	D
52	Boa	2004	4 – 6 fevereiro	3	II	C
53	Boa	2004	7 fevereiro	1	III	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
54	Boa	2004	13 fevereiro	1	I	B
55	Boa	2004	18 fevereiro	1	I	D
56	Boa	2004	25 – 26 março	2	I	B
57	Boa	2004	4 – 5 abril	1	II	B
58	Boa	2004	19 abril	1	II	A
59	Boa	2004	5 – 6 outubro	2	II	B
60	Boa	2004	24 – 26 outubro	2	I	B
61	Boa	2004	26 – 30 novembro	4	I	C
62	Boa	2004	12 – 13 dezembro	1	I	B
63	Boa	2005	26 – 27 fevereiro	1	II	A
64	Boa	2005	6 – 8 março	2	III	B
65	Boa	2005	17 – 24 março	7	II	D
66	Boa	2005	8 maio	1	I	D
67	Boa	2005	25 maio	1	I	C
68	Boa	2005	4 setembro	1	I	B
69	Boa	2005	13 setembro	1	I	C
70	Boa	2005	4 – 6 outubro	2	III	B
71	Boa	2005	13 outubro	1	I	B
72	Boa	2005	31 outubro	1	I	B
73	Boa	2005	10 – 12 dezembro	2	I	D
74	Boa	2005	23 dezembro	1	I	B
75	Boa	2006	6 fevereiro	1	II	C
76	Boa	2006	24 fevereiro	1	I	B
77	Boa	2006	14 – 15 março	2	II	D
78	Boa	2006	21 – 27 março	6	II	D
79	Boa	2006	10 – 11 abril	1	I	B
80	Boa	2006	19 junho	1	I	A

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
81	Boa	2006	6 setembro	1	I	A
82	Boa	2006	19 – 21 setembro	2	IV	A
83	Boa	2006	24 – 26 setembro	2	III	D
84	Boa	2006	13 novembro	1	II	B
85	Boa	2006	24 – 29 novembro	5	II	D
86	Boa	2006	14 – 15 dezembro	2	III	D
87	Boa	2006	16 dezembro	1	III	D
88	Boa	2006	18 dezembro	1	III	B
89	Boa	2006	22 – 26 dezembro	4	II	B
90	Boa	2007	2 janeiro	1	I	C
91	Boa	2007	24 janeiro	1	II	D
92	Boa	2007	13 – 14 fevereiro	1	I	B
93	Boa	2007	24 – 26 fevereiro	1	I	B
94	Boa	2007	14 – 22 abril	8	II	B
95	Boa	2007	1 – 2 junho	2	I	B
96	Boa	2007	13 junho	1	I	B
97	Boa	2007	16 – 17 julho	2	II	B
98	Boa	2007	23 agosto	1	I	B
99	Boa	2007	9 – 10 setembro	2	I	B
100	Boa	2007	4 novembro	1	II	B
101	Boa	2007	18 – 19 novembro	2	I	B
102	Boa	2007	16 – 18 dezembro	2	I	B
103	Boa	2008	28 – 29 janeiro	2	II	B
104	Boa	2008	11 fevereiro	1	I	C
105	Boa	2008	7 – 8 abril	2	II	D
106	Boa	2008	21 – 22 setembro	1	I	B
107	Boa	2008	29 – 30 dezembro	1	I	C

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
108	Boa	2009	28 – 30 janeiro	3	II	B
109	Boa	2009	4 – 5 fevereiro	2	II	D
110	Boa	2009	8 junho	1	I	C
111	Boa	2009	4 – 6 outubro	2	III	B
112	Boa	2009	25 outubro	1	I	B
113	Boa	2009	20 novembro	1	I	C
114	Boa	2009	9 – 10 dezembro	2	III	C
115	Boa	2009	14 – 15 dezembro	1	III	B
116	Boa	2009	17 – 19 dezembro	3	II	D
117	Boa	2009	21 dezembro	1	III	B
118	Boa	2009	23 dezembro	1	II	C
119	Boa	2009	26 – 28 dezembro	2	III	D
120	Boa	2010	1 – 15 janeiro	14	II	D
121	Boa	2010	6 – 21 fevereiro	15	II	D
122	Boa	2010	1 março	1	III	B
123	Boa	2010	3 março	1	II	B
124	Boa	2010	12 – 14 março	2	III	D
125	Boa	2010	22 março	1	II	B
126	Boa	2010	27 – 28 março	2	II	B
127	Boa	2010	5 – 14 abril	9	I	C
128	Boa	2010	26 abril	1	II	B
129	Boa	2010	3 – 4 maio	2	I	B
130	Boa	2010	6 – 8 maio	3	I	B
131	Boa	2010	31 maio	1	II	B
132	Boa	2010	25 – 28 agosto	3	II	D
133	Boa	2010	9 – 10 outubro	1	III	D
134	Boa	2010	11 outubro	1	II	D

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
135	Boa	2010	15 – 20 novembro	5	I	C
136	Boa	2010	2 dezembro	1	III	B
137	Boa	2010	3 – 4 dezembro	2	III	D
138	Boa	2010	6 dezembro	1	III	A
139	Boa	2010	9 dezembro	1	II	B
140	Boa	2010	15 – 16 dezembro	2	III	D
141	Boa	2010	23 – 26 dezembro	3	II	B
142	Boa	2011	2 – 12 janeiro	10	II	B
143	Boa	2011	22 – 23 fevereiro	2	I	D
144	Boa	2011	24 fevereiro	1	I	B
145	Boa	2011	31 março – 5 abril	5	I	C
146	Boa	2011	16 maio	1	I	B
147	Boa	2011	26 agosto	1	II	B
148	Boa	2011	31 agosto	1	I	D
149	Boa	2011	9 – 11 setembro	2	I	D
150	Boa	2011	27 – 28 setembro	2	II	D
151	Boa	2011	4 – 5 outubro	1	II	B
152	Boa	2011	14 outubro	1	II	B
153	Boa	2011	15 outubro	1	II	B
154	Boa	2011	1 – 6 novembro	5	I	B
155	Boa	2011	30 novembro	1	I	B
156	Boa	2012	20 fevereiro	1	I	B
157	Boa	2012	28 fevereiro	1	I	B
158	Boa	2012	22 março	1	II	B
159	Boa	2012	11 – 14 maio	4	III	D
160	Boa	2012	20 – 21 agosto	1	IV	D
161	Boa	2012	13 – 14 setembro	1	II	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
162	Boa	2012	19 – 21 setembro	2	IV	D
163	Boa	2012	4 – 5 outubro	1	IV	D
164	Boa	2012	17 – 18 outubro	2	I	A
165	Boa	2012	22 outubro	1	I	C
166	Boa	2012	28 – 30 outubro	3	II	D
167	Boa	2012	22 novembro	1	I	B
168	Boa	2012	16 – 22 dezembro	6	II	D
169	Boa	2013	28 janeiro	1	I	C
170	Boa	2013	28 fevereiro	1	III	B
171	Boa	2013	2 – 3 março	1	I	B
172	Boa	2013	8 março	1	III	B
173	Boa	2013	11 – 12 março	2	II	B
174	Boa	2013	14 março	1	III	B
175	Boa	2013	17 – 18 março	2	I	B
176	Boa	2013	19 março	1	II	B
177	Boa	2013	20 – 21 março	1	II	B
178	Boa	2013	24 – 25 março	1	II	B
179	Boa	2013	22 – 25 abril	3	I	B
180	Boa	2013	27 – 29 junho	3	I	D
181	Boa	2013	20 – 22 setembro	3	I	A
182	Boa	2013	27 – 28 setembro	2	I	C
183	Boa	2013	8 – 9 outubro	1	II	B
184	Boa	2013	26 outubro	1	I	B
185	Boa	2013	2 – 4 dezembro	3	III	D
186	Boa	2013	11 – 12 dezembro	1	III	D
187	Boa	2013	29 dezembro	1	II	B
188	Boa	2014	5 – 6 janeiro	2	III	A

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
189	Boa	2014	8 janeiro	1	II	A
190	Boa	2014	20 janeiro	1	I	B
191	Boa	2014	7 – 17 fevereiro	8	II	D
192	Boa	2014	12 – 14 maio	2	I	D
193	Boa	2014	30 julho	1	I	B
194	Boa	2014	28 agosto	1	II	B
195	Boa	2014	4 setembro	1	II	B
196	Boa	2014	10 – 13 setembro	3	I	C
197	Boa	2014	13 – 21 outubro	8	II	B
198	Boa	2015	14 fevereiro	1	I	B
199	Boa	2015	12 abril	1	I	B
200	Boa	2015	30 abril – 1 maio	2	II	B
201	Boa	2015	12 maio	1	II	B
202	Boa	2015	26 agosto	1	I	C
203	Boa	2015	2 – 3 setembro	1	III	B
204	Boa	2015	4 setembro	1	III	B
205	Boa	2015	27 outubro	1	II	A
206	Boa	2015	2 – 5 novembro	4	II	B
207	Boa	2015	6 dezembro	1	I	B
208	Boa	2015	11 dezembro	1	I	C
209	Boa	2015	14 – 15 dezembro	2	III	D
210	Boa	2015	17 – 18 dezembro	2	I	D
211	Boa	2015	25 dezembro	1	II	B
212	Boa	2015	29 dezembro	1	I	D
213	Boa	2016	12 – 13 janeiro	2	II	D
214	Boa	2016	14 – 15 janeiro	1	IV	D
215	Boa	2016	19 – 20 janeiro	2	II	C

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
216	Boa	2016	23 janeiro	1	III	B
217	Boa	2016	29 março	1	I	C
218	Boa	2016	17 abril	1	II	B
219	Boa	2016	10 maio	1	I	C
220	Boa	2016	30 maio – 7 junho	8	I	B
221	Boa	2016	2 – 3 setembro	1	IV	D
222	Boa	2016	22 – 24 outubro	3	II	D
223	Boa	2016	30 outubro	1	I	B
224	Boa	2016	30 novembro	1	II	B
225	Boa	2016	5 dezembro	1	I	C
226	Boa	2017	16 janeiro	1	I	D
227	Boa	2017	24 janeiro	1	II	B
228	Boa	2017	1 fevereiro	1	II	D
229	Boa	2017	5 fevereiro	1	I	C
230	Boa	2017	27 fevereiro	1	III	A
231	Boa	2017	4 – 7 março	3	I	C
232	Boa	2017	29 março	1	I	C
233	Boa	2017	1 abril	1	I	C
234	Boa	2017	21 abril	1	I	A
235	Boa	2017	24 abril	1	II	B
236	Boa	2017	1 maio	1	I	C
237	Boa	2017	9 maio	1	II	B
238	Boa	2017	14 maio	1	I	B
239	Boa	2017	26 maio	1	I	C
240	Boa	2017	26 julho	1	I	C
241	Boa	2017	14 – 15 outubro	1	IV	D
242	Boa	2017	27 outubro	1	II	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
243	Boa	2017	23 – 25 novembro	2	I	B
244	Boa	2017	1 – 2 dezembro	2	II	B
245	Boa	2018	11 janeiro	1	I	D
246	Boa	2018	24 – 26 fevereiro	2	II	B
247	Boa	2018	1 – 3 março	2	II	A
248	Boa	2018	5 abril	1	I	B
249	Boa	2018	15 – 16 setembro	2	IV	B
250	Boa	2018	26 setembro	1	II	B
251	Boa	2018	3 – 6 outubro	3	II	B
252	Boa	2018	23 – 25 outubro	2	I	D
253	Boa	2018	15 – 16 novembro	2	II	D
254	Boa	2018	24 novembro	1	II	B
255	Boa	2018	27 – 28 novembro	2	III	B
256	Boa	2019	9 – 10 janeiro	2	I	D
257	Boa	2019	20 – 21 fevereiro	2	II	B
258	Boa	2019	23 fevereiro	1	III	B
259	Boa	2019	12 maio	1	II	B
260	Boa	2019	16 junho	1	II	B
261	Boa	2019	8 julho	1	II	B
262	Boa	2019	10 agosto	1	I	B
263	Boa	2019	19 agosto	1	I	B
264	Boa	2019	22 – 29 agosto	7	II	D
265	Boa	2019	17 setembro	1	I	B
266	Boa	2019	1 – 2 outubro	1	IV	D
267	Boa	2019	26 – 27 outubro	2	IV	B
268	Boa	2019	31 outubro – 1 novembro	1	III	B
269	Boa	2019	25 novembro	1	IV	B

N.º	Qualidade	Data		Duração	Intensidade	Tipo
		Ano	Início/Fim			
270	Boa	2019	18 – 19 dezembro	2	II	B
271	Boa	2019	24 – 27 dezembro	4	II	B

UNIVERSIDADE DOS AÇORES
Faculdade de Ciências e Tecnologia

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



DM

O estudo documental da tempestuosidade em São Miguel entre 1999 e 2019

Rodrigo Amaral Sousa

[2021]