



ESTUDO DAS OCORRÊNCIAS, SIMILARIDADES E CAUSAS DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM PORTUGAL

*Study of occurrences, similarities and causes of extreme
rainfall events in Portugal*

*Estudio de ocurrencias, similitudes y causas de eventos
extremos de lluvia en Portugal*

Djane Fonseca da Silva  

Programa de Pós-graduação em Meteorologia Instituto de Ciências atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas - UFAL
djanef.dasilva@icat.ufal.br

Pedro Fernandes de Souza Neto  

Pós-graduação em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências atmosféricas (UACA/CTR),
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
piurosfernandes@hotmail.com

Lucas Henrique Santos Rocha  

Programa de Pós-graduação em Meteorologia Instituto de Ciências atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas - UFAL
lucas.santos@icat.ufal.br

Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida  

Centro de Ciências Agrárias - CECA. Universidade Federal de Alagoas - UFAL
henrique.ravi@ceca.ufal.br

Fabício Daniel dos Santos Silva  

Programa de Pós-graduação em Meteorologia Instituto de Ciências atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas - UFAL
fabricio.santos@icat.ufal.br

Heliofábio Barros Gomes  

Programa de Pós-graduação em Meteorologia Instituto de Ciências atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas - UFAL
heliofabio@icat.ufal.br

Maria José da Silva Lima  

Programa de Pós-graduação em Meteorologia Instituto de Ciências atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas - UFAL
maria.lima@icat.ufal.br

Iara Bezerra da Silva Cavalcante  

Programa de Pós-graduação em Meteorologia Instituto de Ciências atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas - UFAL
iarabscavalcante@gmail.com

Resumo: Para melhor estudar e entender os eventos extremos de precipitação em Portugal, utilizando análises estatísticas variadas, objetivou-se neste trabalho, identificar e quantificar os eventos extremos (EE) ocorridos nas regiões de Portugal, verificando similaridades/homogeneidades entre os EE, bem como conhecer suas causas climáticas. Para isso, utilizou-se dados de dezoito localidades no período de 1900 a 2017 e as estatísticas SPI, Análise de Agrupamentos e Análises de Ondaletas. A região de Lisboa/Tejo foi a que apresentou maior porcentagem de eventos de seca e maior número de EE de chuvas. Já a região de Algarve foi a que apresentou o menor número de eventos extremos de chuva e de secas, sendo a região com maior número de eventos normais. A partir da Análise de agrupamentos foram identificadas localidades com características semelhantes, as quais formaram os Grupos 1 e 2, indicando que Portugal apresenta duas grandes áreas com EE semelhantes entre si, e distintas entre esses grupos. As causas dos EE com índices de precipitação elevada são caracterizadas pela associação de diferentes escalas temporais, como também a falta delas relaciona-se com os anos de baixos índices pluviométricos. O Grupo 1 tem como causa climática principal para seus eventos extremos de chuva, a Oscilação Decadal do Pacífico e o Grupo 2, o Dipolo do Atlântico e ciclo de Manchas solares.

Palavras-chave: Análise de Agrupamentos. Análise de Ondaletas. SPI.

Abstract: In order to better study and understand the extreme events of rain in Portugal, using varied statistical analyzes, the objective of this work was to identify and quantify the extreme events (EE) that occurred in the regions of Portugal, verifying similarities / homogeneities between the EE, as well as knowing their causes climate. For this, data from eighteen locations from 1900 to 2017 and SPI statistics, Cluster Analysis and Wave Analysis were used. The region of Lisbon / Tagus was the one with the highest percentage of drought events and the highest number of rainfall EE. The Algarve region, on the other hand, had the lowest number of extreme rain and drought events, being the region with the highest number of normal events.. From the Cluster Analysis, localities with similar characteristics were identified, such as which formed Groups 1 and 2, indicating that Portugal has two large areas with similar EE to each other, and distinct between these groups. The causes of EE with high classification indexes are characterized by the association of different time scales, as well as the lack of them is related to the years of low rainfall. Group 1 has as its main climatic cause for its extreme rainfall events, the Pacific Decadal Oscillation and Group 2, the Atlantic Dipole and Sunspot cycle.

Keywords: Cluster Analysis. Wavelet Analysis. SPI.

Resumen: Para estudiar y comprender mejor los eventos de precipitación extrema en Portugal, utilizando varios análisis estadísticos, el objetivo de este trabajo fue identificar y cuantificar los eventos extremos (EE) que ocurrieron en las regiones de Portugal, verificando similitudes/homogeneidades entre los EE, como así como conocer sus causas climáticas. Para ello se utilizaron datos de dieciocho localidades en el periodo de 1900 a 2017 y estadísticas SPI, Cluster Analysis y Wavelet Analysis. La región de Lisboa/Tejo fue la que presentó el mayor porcentaje de eventos de sequía y el mayor número

de EE de precipitaciones. La región del Algarve presentó el menor número de eventos extremos de lluvia y sequía, siendo la región con el mayor número de eventos normales. A partir del análisis de conglomerados, se identificaron localidades con características similares, que formaron los Grupos 1 y 2, lo que indica que Portugal tiene dos grandes áreas con EE similares entre sí, y distintas entre estos grupos. Las causas de EE con altas precipitaciones se caracterizan por la asociación de diferentes escalas temporales, así como la ausencia de las mismas se relaciona con años de escasa precipitación. El Grupo 1 tiene como principal causa climática de sus eventos extremos de lluvia, la Oscilación Decadal del Pacífico y el Grupo 2, el Dipolo Atlántico y el ciclo de Manchas Solares.

Palabras clave: Análisis de conglomerados. Análisis Wavelet. SPI.

Submetido em: 02/09/2022

Aceito para publicação em: 01/03/2023

Publicado em: 02/03/2023



1. INTRODUÇÃO

Por meio de ciclos, a variabilidade climática gera deficiência e/ou excesso de chuvas em todo o globo, que em consequência, produz secas ou inundações. Os eventos climáticos de extremas intensidades apontam um papel significativo no dia a dia das sociedades, quer seja por sua intensidade e frequência de ocorrência, ou pela vulnerabilidade socioambiental (DOS SANTOS, 2017).

Em estudo recente de Lima *et al.* (2018) sobre eventos extremos de precipitação em Portugal continental, identificaram-se diferenças regionais nos eventos extremos pluviométricos locais, com distintas variações na intensidade, persistência e frequência de eventos extremos em várias escalas, o que pode apontar causas climáticas distintas para esses eventos. As várias variações climáticas são mais detalhadas abaixo.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é o modo mais importante de variabilidade interanual no sistema oceano atmosfera, pois sabe-se que esta oscilação afeta tanto o clima regional quanto global (WALKER, 1928). O El Niño é constituído por anomalias positivas da temperatura da superfície do mar (TSM) na Bacia do Oceano Pacífico, e quando essas anomalias de TSM são negativas, há a fase fria do ENOS, La Niña (MOLION, 2017).

Deve ser destacado que ocorrências de episódios de ENOS alteram ou modulam o sistema oceano-atmosfera do Oceano Pacífico Equatorial Tropical e, conseqüentemente, influencia significativamente a circulação atmosférica (ROCKWOOD e MADDOX, 1988; LOUREIRO, 2014), a precipitação (GERSHUNOV e BARNETT, 1998; GRIMM, 2000; 2003; 2004), e os eventos extremos de precipitação (ASHOK, 2007; GRIMM e TEDESCHI, 2009; TEDESCHI, 2013), entre outros campos atmosféricos.

Além da influência do ENOS sobre esses fatores, há registros da atuação da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) sobre a variabilidade pluviométrica. Uma notável característica da ODP é a persistência das fases quentes (positivas) ou frias (negativas) prevalentes por anos consecutivos, por vezes, ao longo de duas décadas (MANTUA, 1997 *Apud* DA SILVA, 2014).

O Dipolo do Atlântico (DA) é um fenômeno do sistema oceano-atmosfera que apresenta variabilidade de periodicidade decenal, caracterizado como uma modificação anormal na TSM do Oceano Atlântico Tropical, isto é, quando o Atlântico Tropical Norte estão com suas águas quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul encontram-se mais

frias, ocasiona movimentos descendentes levando o ar frio e seco de altos níveis da atmosfera para a região setentrional, central e sertão do Nordeste impossibilitando a formação de nuvens diminuindo assim a precipitação; essa é a fase positiva do Dipolo, podendo acarretar secas (HASTENRATH e HELLER, 1977 *Apud* NOBRÉGA, 2016). No entanto, quando as águas mais frias são as do Atlântico Tropical Norte e as mais quentes são do Atlântico Tropical Sul existe um aumento nos movimentos ascendentes, aumentando a formação de nuvens, fase negativa do Dipolo.

Algumas pesquisas evidenciam que durante ocorrência de eventos do Dipolo do Atlântico (SOUZA, 1998; CLAUZET e WAINER, 1999; ANDREOLI, 2004; ANDREOLI e KAYANO, 2007), há mudanças na configuração, interferência na posição e na intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (MOURA e SHUKLA, 1981), impactando assim, consequentemente, os totais pluviométricos.

Por fim, a Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA) é um modo de variabilidade climática, de baixa frequência, por meio da oscilação decadal da TSM, com fase positiva caracterizada pelo aquecimento anômalo do Oceano Atlântico Norte, e sua fase negativa pelo resfriamento anômalo no Oceano Atlântico Equatorial (KNIGHT, 2006 *Apud* LINDEMANN et al., 2019).

Desse modo, com o aumento de eventos extremos em todo planeta (MARENGO, 2016), vem a necessidade de utilizar e desenvolver métodos capazes de possibilitar o estudo de tais casos.

Para melhorar a capacidade de detecção e monitoramento de eventos pluviométricos em diferentes escalas de tempo, Mckee (1993) desenvolveram um índice de precipitação padronizado, conhecido como Standardized Precipitation Index (SPI), o qual se destaca por permitir a caracterização do déficit ou do excesso de precipitação em uma determinada localidade, com sua flexibilidade temporal e simplicidade, e utilização de apenas dados mensais de precipitação (PELLEGRINO, 2007).

Tadesse (2005), Macedo (2010), Zhai (2010), Blain e Kayano (2011), Dos Santos (2014), Uliana (2015), Bonfim e Da Silva (2017) e Da Silva (2020) foram alguns dos trabalhos que utilizaram SPI para identificação, quantificação ou análise de eventos pluviométricos extremos.



Em Portugal, ocorreram vários eventos que resultaram em cheias ou secas. Como exemplos, Pereira et al. (2016) citam o evento de precipitação intensa em 25 de novembro de 1967 na região de Lisboa, quando 522 pessoas morreram. Já Santos *et al.* (2010) citam a seca ocorrida em 2005, que causou prejuízos em torno de 285 milhões de euros, relacionados com a produção de energia hidroelétrica e o abastecimento de água, além de atividades como agricultura e silvicultura.

Desta forma, o objetivo dessa pesquisa é, por meio de análises estatísticas variadas, identificar e quantificar os eventos extremos de precipitação (EE) ocorridos nas regiões de Portugal, verificando similaridades/homogeneidades entre os EE, bem como conhecer suas causas climáticas.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da área de estudo

Foram utilizados dados diários de precipitação de 18 estações pluviométricas de várias cidades de Portugal, espacialmente distribuídas nas cinco principais regiões do País (Figura 1 a) e conforme a Tabela 1. Para a composição das séries mensais de precipitação de cada local, foi utilizada como fonte a análise gradeada disponibilizada pela Universidade de Delaware (WILMOTT e MATSUURA, 2001). O período de dados, sem falhas, é de 1900 a 2017. Além do destaque para as principais regiões de Portugal na Figura 1a, a Figura 1b mostra as subdivisões do País em distritos.

Tabela 1 - Estações pluviométricas / localidades utilizadas neste estudo

Estação/ Cidade	Lon (°)	Lat (°)	Região
Viana do Castelo	-8,83	41,69	Porto e Norte
Braga	-8,42	41,55	
Vila Real	-7,74	41,30	
Bragança	-6,76	41,81	
Porto	-8,61	41,15	
Aveiro	-8,65	40,64	Centro
Viseu	-7,91	40,66	
Guarda	-7,27	40,54	
Coimbra	-8,42	40,21	
Castelo Branco	-7,49	39,82	
Leiria	-8,81	39,74	Lisboa e Tejo
Lisboa	-9,13	38,72	
Santarém	-8,68	39,23	
Portalegre	-7,43	39,29	Alentejo
Setúbal	-8,89	38,52	
Évora	-7,90	38,57	
Beja	-7,86	38,02	Algarve
Faro	-7,93	37,02	

Fonte: Autores (2022)

Figura 1 - a) Regiões de Portugal



Figura 1 - b) Distritos de cada região de Portugal



Fonte: Blog Cidades de Portugal por Joana Balaguer (2021)



2.2. Procedimentos Metodológicos

Utilizou-se o SPI (Standardized Precipitation Index – Índice de Precipitação Normalizada), desenvolvido por McKee (1993), o qual tem sido considerado como uma ferramenta extremamente útil para identificar e quantificar os eventos climáticos extremos, tanto chuvosos quanto secos. O cálculo do SPI resulta em um valor adimensional para um período de tempo específico que corresponde a uma classe (Tabela 02).

Tabela 2 - Classificação dos períodos secos e chuvosos segundo classes de SPI

Valores de SPI	Classes
<-2,00	Seca Extrema
-1,99 a -1,50	Seca Severa
-1,49 a -1,00	Seca Moderada
-0,99 a -0,49	Seca Leve
-0,48 a 0,49	Quase normal
0,50 a 0,99	Chuva Leve
1,00 a 1,49	Chuva moderada
1,50 a 1,99	Chuva Severa
>2,00	Chuva Extrema

Fonte: Autor, Modificado de McKee *et al.* (1993)

Valores positivos equivalem a valores superiores à média, enquanto valores negativos são valores inferiores à média. Além disso, valores iguais a zero indicam valor do SPI igual à média de precipitação, como também indica a Tabela 02, em coerência com McKee (1993).

O SPI tem cálculo iniciado com a aplicação da distribuição de probabilidade Gama, a qual não possui limite superior e por isso, é largamente utilizada para o estudo de séries históricas de precipitação (WILKS, 2006 *Apud* DOS SANTOS, 2017). A função gama é dada por:

$$(1) \quad g(x) = \frac{x^{\alpha-1} * e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \text{ para } X > 0$$

Em que: $\alpha > 0$ parâmetro de forma; $\beta > 0$ parâmetro de escala; $x > 0$, a quantidade de precipitação (mm) e $\Gamma(\alpha)$ a função gama completa. Para estimativa dos parâmetros α e β da distribuição gama utilizou-se o método de:

$$(2) \quad \alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \text{ e } \hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\alpha},$$

Sendo \bar{X} , a precipitação média e

$$(3) \quad A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

Em que: n é o número de observações ou dados.

Deste modo, a distribuição acumulativa é então transformada em distribuição probabilidade normal com média igual a zero e desvio padrão igual a um. Após, a probabilidade acumulada de ocorrência de cada valor mensal é estimada. Aplica-se à essa probabilidade a função normal inversa para encontrar o valor do SPI, conforme método de McKee (1993).

De acordo com Dos Santos (2017), o SPI nada mais é que a diferença da precipitação observada em relação à média do intervalo de tempo específico:

$$(4) \quad \text{SPI} = Z_i = \frac{(P_i - \bar{P}_i)}{\sigma_i}$$

Em que, P_i é a precipitação observada; \bar{P}_i e σ_i , são respectivamente, a média e o desvio padrão da série ajustada.

Com os valores obtidos de SPI para cada localidade foram feitos gráficos quantitativos com as classes dos EE. Após também utilizou-se o SPI para criação de gráficos temporais.

Os métodos de agrupamentos têm pôr finalidade agrupar indivíduos em classes, de forma que os indivíduos pertencentes a essas classes mantenham características semelhantes em algum aspecto (GUIMARÃES, 2013). Assim, nesta etapa foram submetidos à análise de agrupamentos (AA) os dados de SPI das 18 localidades do estudo, utilizando o software SPSS versão 20, licença pessoal, e utilizou-se o Método hierárquico com distância euclidiana.

Essa estatística de análise multivariada tem como objetivo principal classificar os indivíduos de uma população que são conhecidos por suas características, ou seja, mostrar indivíduos semelhantes (UNAL *et al*, 2003). Como resultado da AA foi gerado o dendograma, que tem como objetivo, unifica-los em classes ou grupos sucessivamente maiores por meio da utilização de alguma medida de similaridade ou de distância (GUEDES, 2010; 2012).

Por fim, segundo Macedo (2010), análise de agrupamentos é utilizada em processos de classificação e consiste em determinar o nível de similaridade ou dissimilaridade entre indivíduos, aplicando uma função de agrupamento a uma determinada variável.

A partir dos grupos gerados pelo Dendograma da AA, gerou-se um gráfico classificação dos EE para todo o país, podendo visualizar áreas com EE semelhantes e como estão



distribuídos geograficamente. Esse gráfico foi gerado no Software Surfer versão 9.0, licença pessoal.

Com os dois grupos definidos, gerou-se a Análise de Ondaleta para cada um dos grupos homogêneos na tentativa de explicar as causas climáticas de seus eventos extremos.

Os dados de SPI foram submetidos à Análise de Ondaleta (AO) para identificação das causas climáticas dos eventos extremos em cada região do país. Essa identificação ocorre por meio da determinação das escalas temporais dominantes associadas a fenômenos climáticos. A AO é uma técnica eficiente para identificar as escalas de variabilidade dominantes em uma série temporal, juntamente com suas localizações no tempo (TORRENCE e COMPO, 1998; KAYANO e BLAIN, 2007).

De acordo com Weng e Lau (1994) a ondaleta Morlet é complexa e possui características semelhantes aos de sinais meteorológicos, tais como simetria ou assimetria e variação temporal brusca ou suave. Estes critérios são adotados para a utilização da ondaleta para identificações de variações em escalas sinóticas, oscilações intra-sazonais e outras variações meteorológicas de diferentes escalas temporais, sendo definida pela seguinte expressão:

$$(5) \quad \Psi(t) = e^{iW_0 t} e^{-t^2/2}$$

a qual representa uma onda modulada por um envelope Gaussiano.

Em que: i = parâmetro de dilatação e compressão da onda; W_0 = parâmetro de frequência e t = tempo. Todos introduzidos no 'script' de programação de Torrence e Compo (1998) no software Matlab.

3. DESENVOLVIMENTO

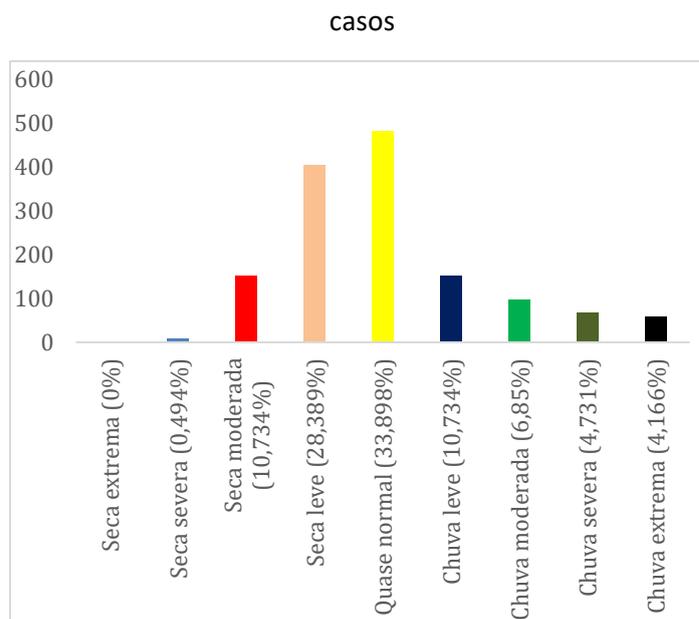
Segundo Lima *et al.* (2018), em estudo anterior sobre eventos extremos de precipitação em Portugal continental, em geral, é sugerido que a existência de diferenças regionais nos eventos extremos locais. Observaram-se variações na intensidade, persistência e frequência de eventos extremos em várias escalas, o que, segundo os autores, pode impactar local e regionalmente, com risco associado a casos de cheia e de seca. Desse modo, os eventos extremos através do SPI, e suas causas, por meio das Análises de Ondaletas, serão, neste próximo item, mais detalhados e investigados.

3.1 Ocorrências dos eventos extremos

Região Lisboa/Tejo

Na classificação dos eventos de chuvas e secas para a região de Lisboa aplicando o índice SPI (Figura 2), verificaram-se maiores frequências de ocorrências para eventos de anos normais com 33,89% dos casos, seguidos de eventos de secas leve com 28,38%. As secas moderadas representam 10,73%, e as secas severas 0,49%, sendo interessante destacar que os episódios de secas totalizam 39,62% dos casos. No entanto, não houve ocorrências de secas extremas; já chuvas nessa categoria representam 4,16% dos casos. Na distribuição de eventos de chuvas (Figura 2) foram registrados 10,73% de ocorrências de chuva leve, 6,85% de chuva moderada, 4,73% de chuva severa e 4,16% de chuva extrema; totalizando 26,48% dos casos de chuvas anômalas.

Figura 2 - Classes dos EE para região de Lisboa e Tejo a partir do SPI. Eixo y representa o número de



Fonte: Autores (2022)

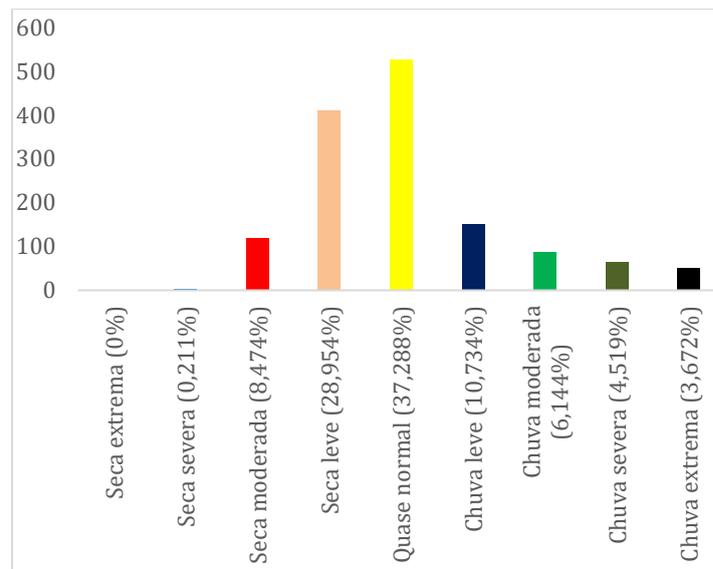
Região de Alentejo

Analisando a série de SPI de Alentejo (Figura 3) foram verificados 0,211% de casos de seca severa, 8,474% de seca moderada e 28,95% de seca leve, e para os eventos de seca extrema não houveram ocorrências. O total de episódios de secas na região corresponde a 37,64%. Os anos normais foram os mais frequentes em todas as regiões analisadas. Para a quantificação



de episódios chuvosos foram apontados 10,73% para a classe chuva leve, 6,14% de chuva moderada, 4,52% de chuva severa e 3,67% de chuva extrema, resultando em 25,07% do total de eventos.

Figura 3 - Classes dos EE para região de Alentejo a partir do SPI. Eixo y representa o número de casos

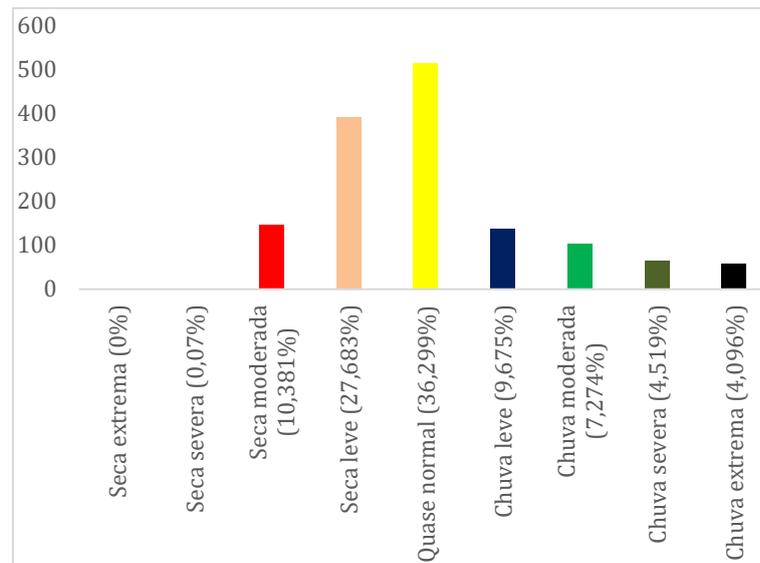


Fonte: Autores (2022)

Região Centro

A distribuição de frequência do SPI para a região Centro (Figura 4) apresentou um total de 38,06% de evento de secas. Foram registradas 0,07% de seca severa, 10,38% de seca moderada e 27,68% de seca leve. No entanto, SPI quase normais de $-0,48$ a $0,49$ foram a maioria, correspondendo a 36,29% do total dos eventos. Na distribuição de episódios de chuvas foram notados 9,66% de episódios de chuva leve, 7,27% de chuva moderada, 4,52% de chuva severa e 4,10% de chuva extrema; totalizando 25,55% do total de eventos.

Figura 4 - Classes dos EE para região Centro a partir do SPI. Eixo y representa o número de casos



Fonte: Autores (2022)

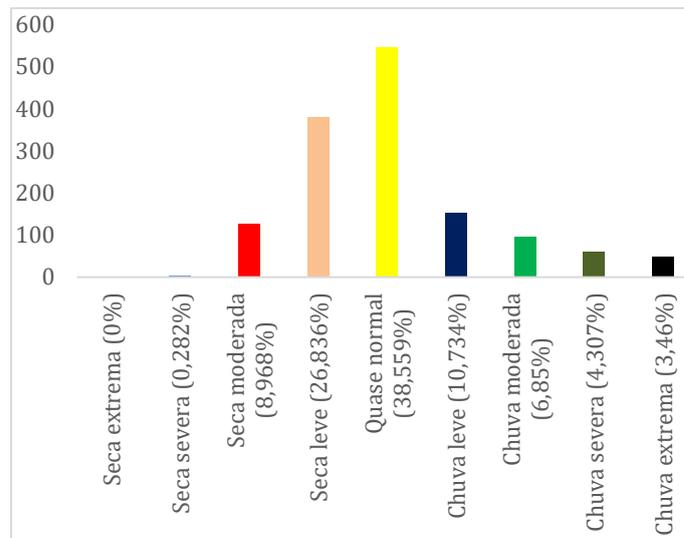
Região Norte

Por meio da classificação de eventos de chuvas (Figura 5) foi identificado para a região Norte de Portugal a maior porcentagem total para eventos normais, resultando 38,559% das ocorrências, seguido pela seca leve, que teve 26,836%; chuva leve com 10,734%; seca moderada com 8,968%; chuva moderada com 6,85%; chuva severa com 4,307%; chuva extrema com 3,46%; seca severa com 0,282%, e por fim, a categoria chuva extrema não teve nenhuma ocorrência.

Deve-se destacar o valor total de todas as secas ocorridas, que foi de 36,086%, e as chuvas tiveram total de 25,351%, o que mostrou que o Norte de Portugal apresentou maior tendência para eventos secos, porém, os eventos de chuvas são mais distribuídos nas classes.



Figura 5 - Classes dos EE para região Norte a partir do SPI. Eixo y representa o número de casos



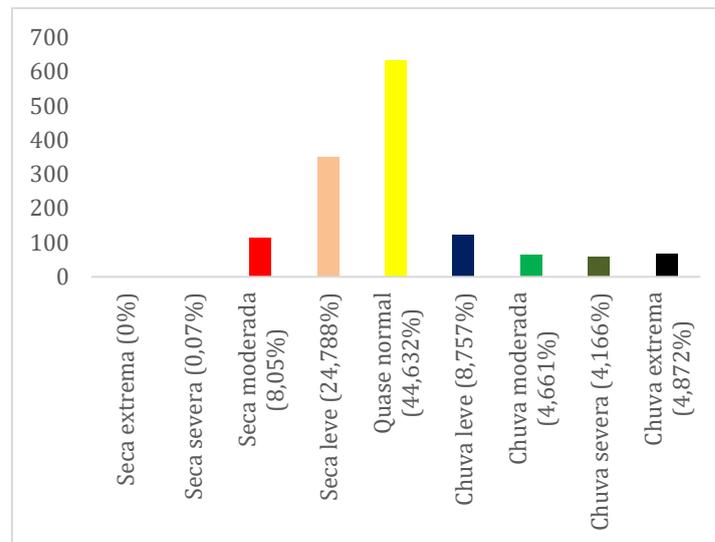
Fonte: Autores (2022)

Região de Algarve

Utilizando a classificação de eventos de chuva na região de Algarve (Figura 6), foi verificado maior número de eventos normais com 44,632%, seguido pelo evento de seca leve (24,788%), chuva leve (8,757%) e seca moderada (8,05%), enquanto que chuva moderada, severa e extrema tiveram valores aproximados. As secas severas apresentaram apenas 0,07%, e a seca extrema não apresentou eventos. É importante destacar que o valor total de eventos de secas foi de 32,908%, enquanto que de chuvas foi 22,456%, o que mostra que essa região apresentou-se mais seca que úmida, mesmo tendo áreas litorâneas, como também apresentou Fragoso (2003).

Ao mesmo tempo, esses resultados também corroboram com Santos *et al.* (2010), onde verificaram que são mais frequentes as seca no Sul de Portugal do que no Norte. Contudo, sugerem que é necessário prosseguir com a investigação de modo a apontar as causas dessas ocorrências, o que busca-se neste trabalho também.

Figura 6 - Classes dos EE para região de Algarve a partir do SPI. Eixo y representa o número de casos



Fonte : Autores (2022)

3.2 Similaridades: Análise de agrupamentos

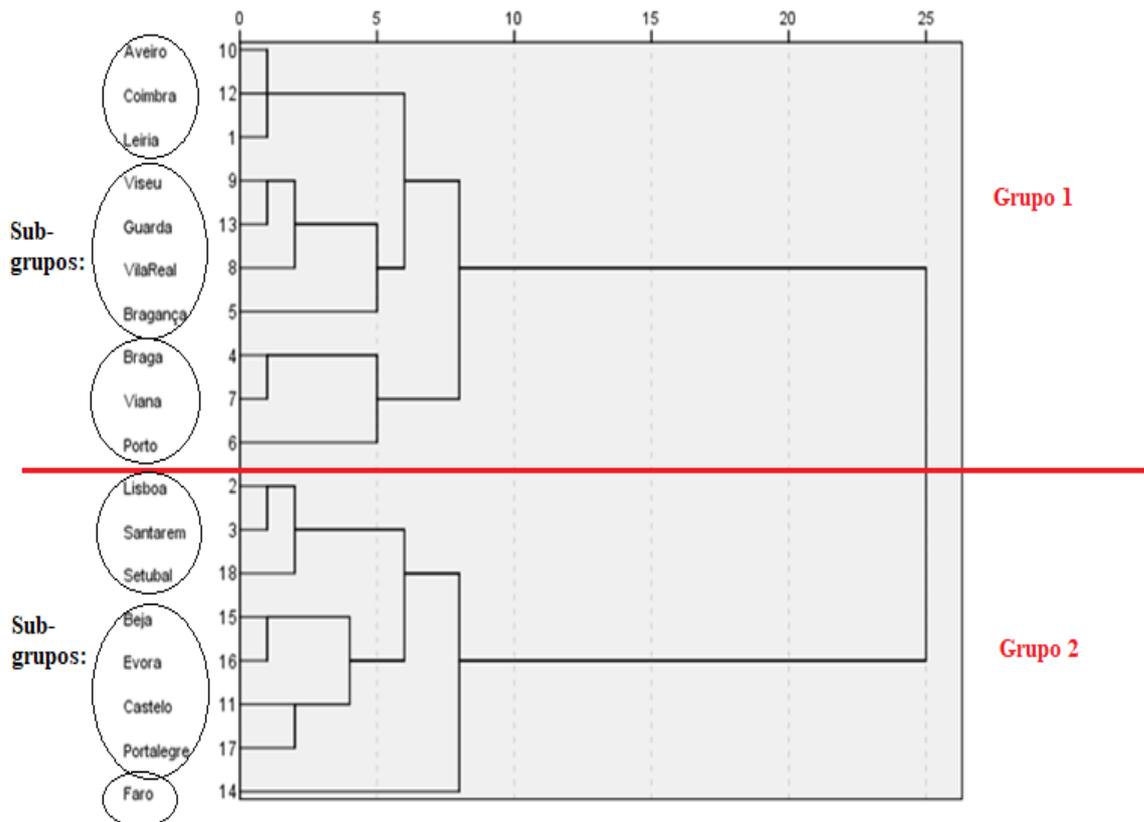
As semelhanças entre as localidades das várias regiões de Portugal ficam evidentes a partir da Análise Multivariada que gerou o Dendograma (Figura 7). Aveiro, Coimbra e Leiria apresentaram semelhança direta e situam-se na região Centro ao norte da região Lisboa/Tejo. Viseu, Guarda, Vila Real formam outro sub-grupo com semelhanças, e depois também se assemelham a Bragança. Essas cidades estão na região Centro e Porto/Norte. Braga, Viana e Porto, todas do oeste da região Porto/Norte, se assemelham e formam um outro sub-grupo, que se assemelham indiretamente aos sub-grupos anteriormente descritos. Por fim, todos sub-grupos formam um grande grupo com similaridades denominado Grupo 1, e distinto, com poucas ou nenhuma semelhança com as cidades do Grupo 2.

Lisboa e Santarém, ambas da região de Lisboa/Tejo são diretamente semelhantes e se unem em um sub-grupo com Setubal. Beja e Évora, da região de Alentejo, tem semelhanças com Castelo e Portalegre, que ficam mais ao norte dessas primeiras cidades citadas. Esse sub-grupo se une ao sub-grupo de Lisboa, Santarém e Setubal, no entanto com um pouco menos de semelhança, e estes por sua vez, apresentam alguma semelhança com Faro, cidade da região de Algarve, formando o Grupo 2. Por fim, os Grupos 1 e 2 (Figura 7) se unem por semelhança indireta, sugerindo que exista pouca semelhança entre eles, e concluindo que deste modo, Portugal apresenta duas grandes áreas com EE semelhantes entre si, e distintas



entre grupos. Percebe-se claramente as duas regiões distintas (Grupo 1 e Grupo 2) pela maior distância euclidiana, que chega ao valor 25, no eixo X. Quanto maior à distância euclidiana, menor as semelhanças entre os grupos.

Figura 7 - Dendrograma das 18 localidades do estudo e destaque para sub-grupos e Grupos similares 1 e 2



Fonte: Autores (2022)

Assim, com essas análises estatísticas foram gerados no Software Surfer, mapa de distribuição espacial dos sub-grupos com EE semelhantes (Figura 8) e conseqüentemente, mapa de distribuição espacial dos dois grandes grupos que apresentam semelhanças entre seus SPI (Figura 9), resultando em eventos extremos semelhantes. Esses resultados trazem informações importantes para setores da defesa civil, recursos hídricos e análises de riscos climáticos e ambientais.

Esses dois grandes grupos também foram encontrados por Santos *et al.* (2010), no qual encontraram nas série de SPI6Abr-Set, homogeneidade entre casos de secas com dois, três e até quatro grupos de classificação. De acordo com pesquisa de Santos *et al.* (2019), espera-se

diminuição da precipitação, principalmente no noroeste de Portugal, enquanto a contribuição da precipitação extrema para a precipitação total deverá aumentar no sul do país. Esses resultados estão de acordo com os descritos aqui, com dois grandes grupos distintos entre si e com comportamentos pluviométricos contrários dentro do País.

Figura 8 - Mapa de distribuição espacial dos sub-grupos com EE semelhantes. Eixo x = longitude (em graus) e eixo y = latitude (em graus)

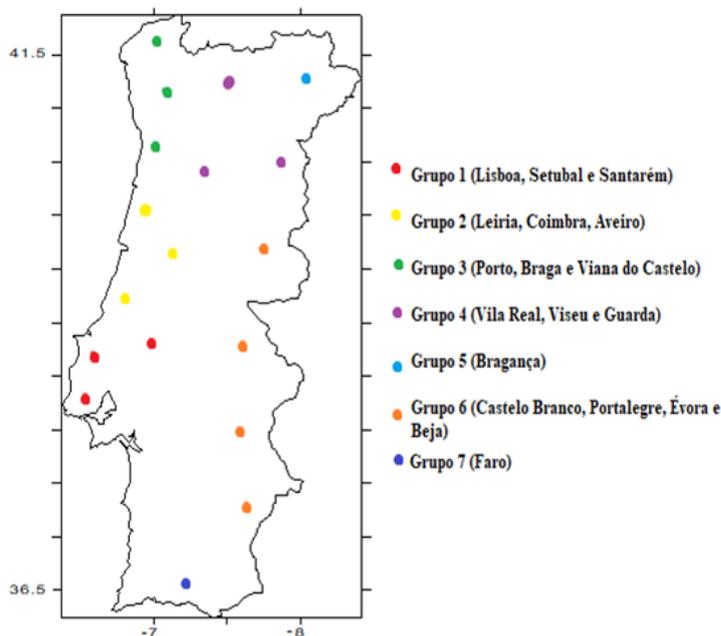
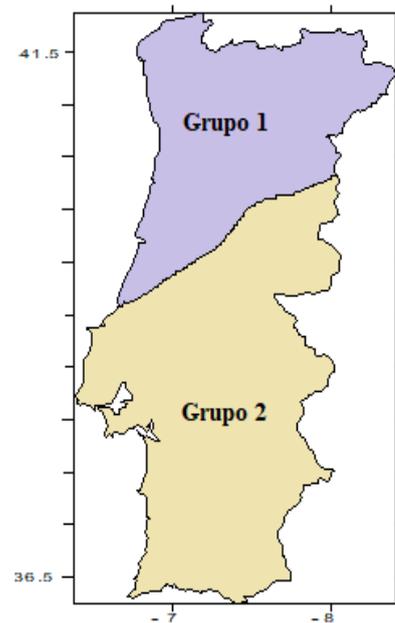


Figura 9 - Mapa de distribuição espacial dos dois grandes grupos que apresentam semelhanças entre seus SPI. Eixo x = longitude (em graus) e eixo y = latitude (em graus)



Fonte: Autores (2022)

3.3 Causas climáticas dos eventos extremos: Análise de Ondaletas

- Grupo 1

Ao longo da série de SPI (Figura 10a) percebe-se muita variabilidade de seus valores e SPI positivos mais intensos do que os SPIs negativos, como exemplo os anos de 1941, 1960, 1963, 1971, 1974, 1978, 1998, 2000, 2004, os quais foram de 2 a, aproximadamente, 4. Já os valores negativos não atingiram nem o valor de -2.

Figura 10a - Série temporal do SPI do Grupo 1, de 1900 a 2017

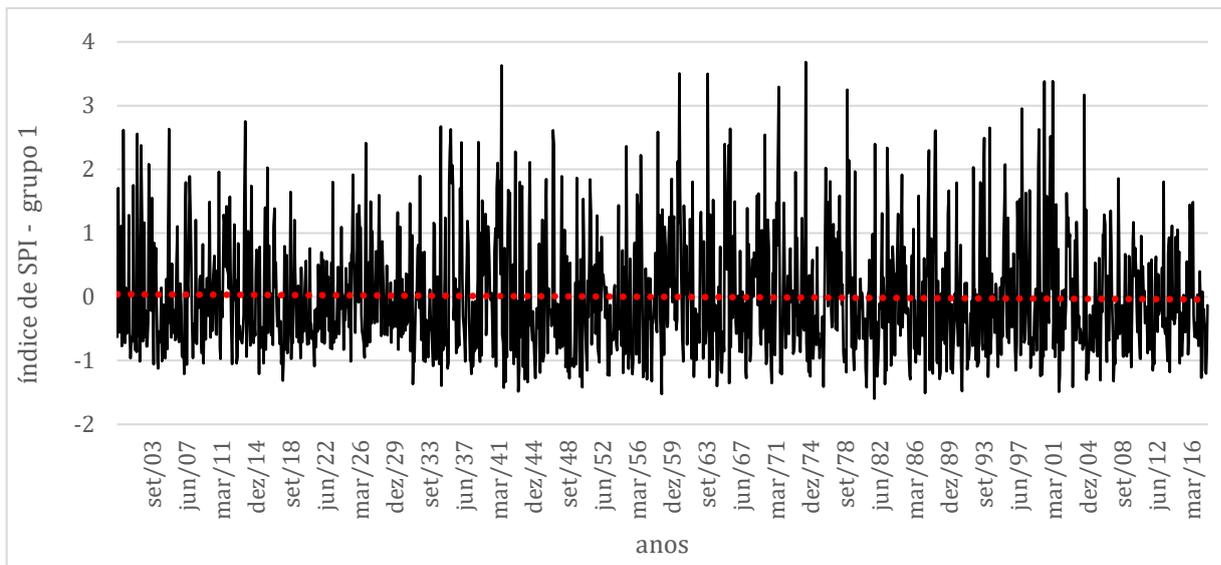
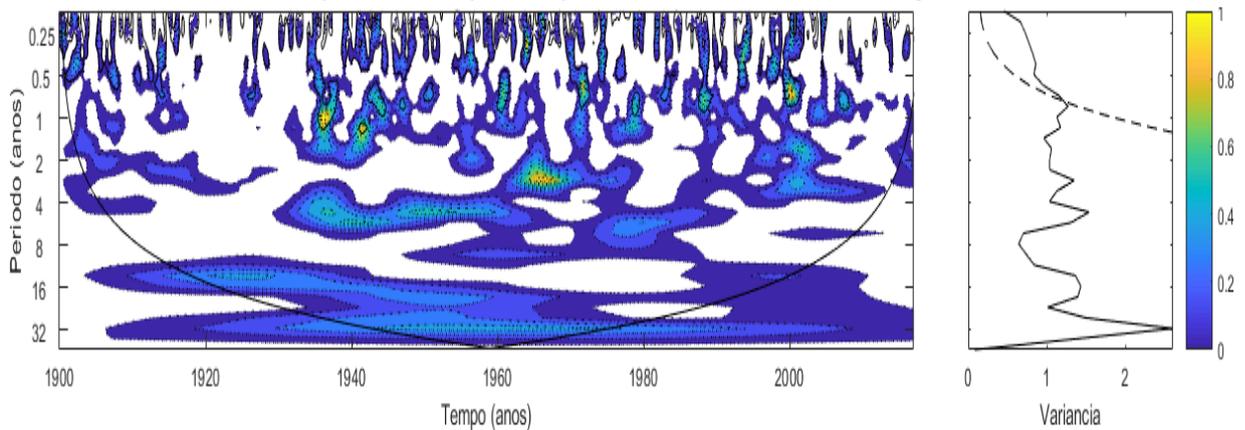


Figura 10b - Espectro de Energia local para série de SPI do Grupo 1. **Figura 10c** - Espectro Global de Wavelet. O contorno tracejado indica que o Espectro Global de Wavelet é significativo a nível de 95%



Fonte: Autores (2022)

Verificou-se atuação frequente da escala sazonal (0,25 anos); semestral (0,5 anos); interanual curta (1 ano); ENOS (entre 1 e 2 anos), e ENOS estendido (4-7 anos); da escala de 11 anos relacionada ao Dipolo do Atlântico e ao ciclo de Manchas Solares, escala de 18 anos, relacionada ao Ciclo de Saros (CHALUB, 2009) e presença também da escala de 22 anos, que está associada à ODP (MANTUA *et al.*, 1997; PRADO, 2010) e relacionada à Oscilação Interdecadal do Pacífico (OIP) que apresenta um ciclo variando entre 15 e 30 anos e afeta tanto o norte quanto o sul do Pacífico.

Os máximos de precipitação em torno do ano de 1940 (Figura 10a) tem como causa principalmente (Figura 10b) com ENOS, ENOS estendido, Dipolo do Atlântico e ODP, que é a escala temporal dominante (Figura 10c).

A escala de 11 anos também foi observada na série desse grupo, e é decorrente dos ciclos de manchas solares (KERR, 1996; MOLION, 2005), como também pode estar associada a variabilidade do Dipolo do Atlântico (SOUZA *et al.*, 1998; SERVAIN *et al.*, 1999); e além dessas escalas temporais, foi observado a variabilidade da precipitação na escala de 4 a 7 anos associada ao ENOS estendido (CLAUZET e WAINER, 1999).

Mantua *et al.* (1997) associam a escala de 22 anos à Oscilação Decadal do Pacífico. Scafetta (2010; 2012) e Oliveira *et al.* (2017) também já relacionaram a escala de 22 anos à Oscilação Interdecadal do Pacífico (OIP), que apresenta um ciclo variando entre 15 e 30 anos e afeta tanto o norte quanto o sul do Pacífico. Em Beer *et al.* (2000) os autores revelam que além do ciclo solar de Schwabe (11 anos), o astro apresenta um ciclo solar que é um ciclo magnético no qual a polarização magnética das manchas solares se inverte a cada 22 anos, o chamado ciclo de Hale, o qual pode ser relacionado com essa escala dominante de 22 anos citada anteriormente.

Essas mesmas escalas desses mesmos fenômenos climáticos estão presentes de 1964 a 1967 e de 2000 a 2002. A união das escalas temporais promoveu altos índices de precipitação (Figura 10a e 10b), respaldando os resultados encontrados por Rockwood e Maddox (1988), Gershunov e Barnett (1998), Da Silva (2009), Da Silva (2017), Bonfim *et al.* (2020).

De acordo com Rockwood e Maddox (1988), Gershunov e Barnett (1998), Silva e Da Silva (2016), Da Silva *et al.* (2020), a ausência da escala sazonal e/ou a ocorrência simultânea de fenômenos climáticos em fases distintas, propiciam picos negativos de precipitação, como foi discutida em seus respectivos trabalhos e também observados para o Grupo 1 nos anos de 1930, 1959, 1982 e 2015 (Figura 10a e 10b).

- Grupo 2

A principal diferença entre os espectros de energia do Grupo 1 (Figura 10b) e do Grupo 2 (Figura 11b) é que o primeiro grupo tem escala dominante de 22 anos, relacionada à ODP, e o Grupo 2, mais ao sul de Portugal, tem escala dominante de 11 anos, relacionada ao Dipolo

do Atlântico e Ciclo de Manchas solares. Além disso, percebe-se que os sinais de ENOS e ENOS estendido neste grupo não são tão fortes quanto no anterior, como pode-se ver em torno do ano de 1940, de 1964 a 1967 e de 2000 a 2002.

O sinal mais forte, evidente e claramente associado ao ENOS ocorreu em 1997 (Figura 11a e b), e em conjunto com a escala sazonal, semestral, interanual e de ENOS estendido, proporcionou altos valores de precipitação.

Figura 11a - Série temporal do SPI do Grupo 2, de 1900 a 2017

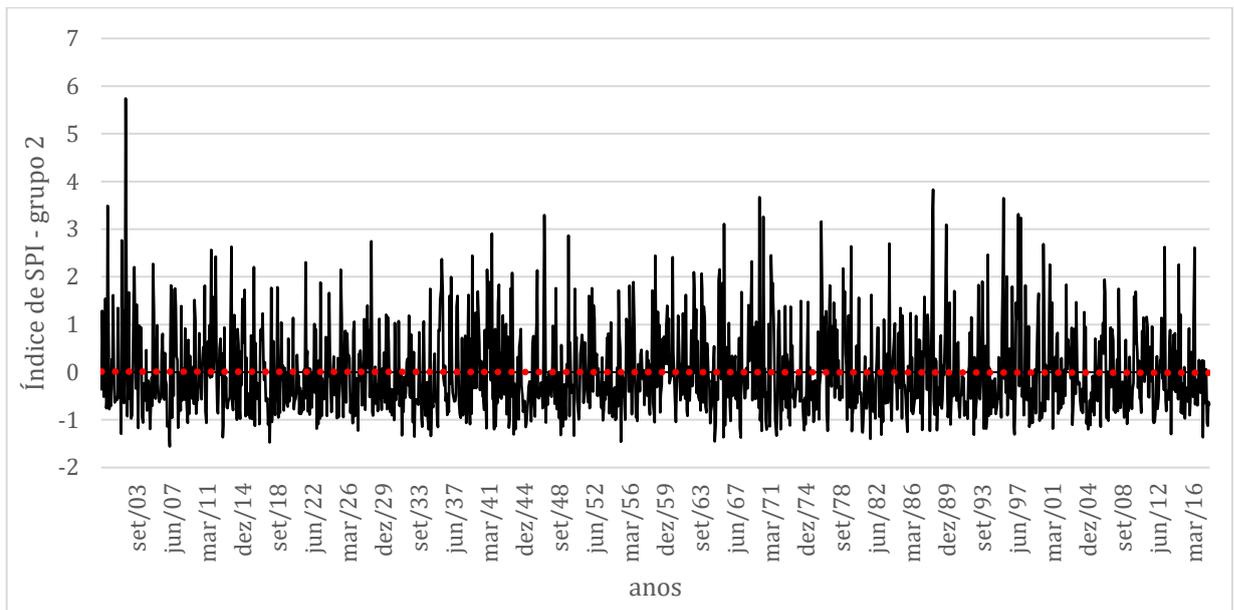
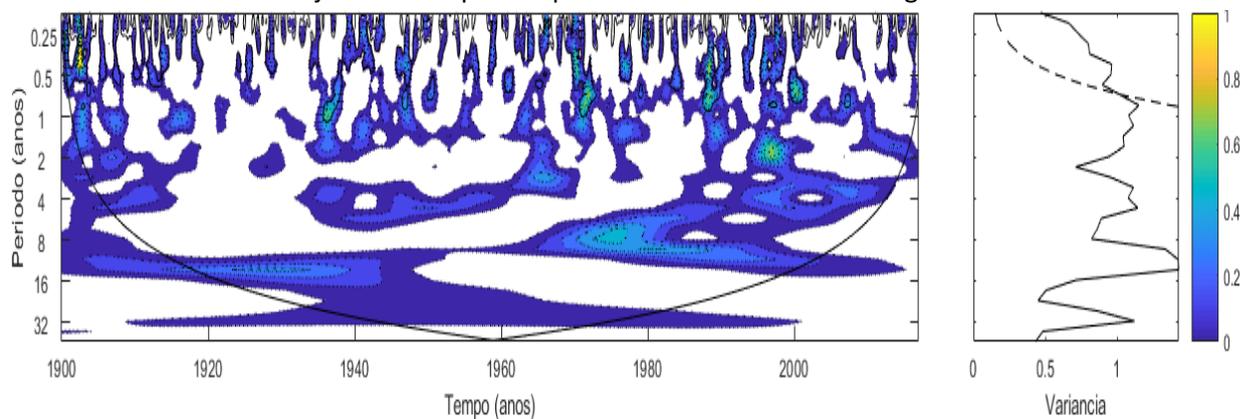


Figura 11b - Espectro de Energia local para série de SPI do Grupo 2. **Figura 11c** - Espectro Global de Wavelet. O contorno tracejado indica que o Espectro Global de Wavelet é significativo a nível de 95%



Fonte: Autores (2022)

Ao longo de toda série pode-se ver a fraca atuação da ODP neste grupo, e que o ENOS seria a escala secundária (Figura 11c).

Eventos de secas no Grupo 2 também ocorreram em menor frequência, com os anos de 1907, 1917, 1966 e 2017 com os mais fortes, negativamente, mas não chegando a registrar -2 (Figura 11a).

Por fim, a associação de evento de escalas sazonal, semestral, ENOS, ENOS estendido e escala de 11 anos, promoveram anomalias positivas de chuva em 1902 (Figura 11a), sem registro de ODP nesse ano (Figura 11b), reforçando que o Grupo 2, do centro ao sul de Portugal tem influência do Dipolo do Atlântico e do Ciclo de Manchas solares, e que seus eventos extremos não são necessariamente relacionados à ODP.

Rockwood e Maddox (1988), Gershunov e Barnett (1998), Silva e Da Silva (2016), Da Silva *et al.* (2020), também relataram que fenômenos e escalas climáticas distintas se ocorrendo simultaneamente ou em mesmas fases, podem propiciar o fortalecimento de eventos extremos, e no caso de 1902, intensificaram aumento das precipitações.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região de Lisboa/Tejo foi a que apresentou maior porcentagem de eventos de seca com 39,62%, seguida pela região Centro (38,06%), Alentejo com 37,64%, Norte com 36,086%, e por último, a região de Algarve, com 32,908%. Esta região foi a que apresentou o maior percentual de eventos normais. A região de Lisboa/Tejo foi também a que apresentou maior número de EE de chuvas, com 26,48%, seguida pelas regiões Centro (25,55%), Norte (25,351%) e Alentejo (25,07%). Novamente a região de Algarve foi a que apresentou o menor número de eventos extremos de chuva (22,45%). Dessa forma, a região de Lisboa/Tejo apresentou maior número de EE e a região de Algarve, o menor.

A partir da Análise de Agrupamentos foram identificadas localidades com características semelhantes, as quais formaram claramente os grandes Grupos 1 e 2, indicando que Portugal apresenta duas grandes áreas com EE semelhantes entre si, e distintas entre esses grupos.



As causas dos EE com índices de precipitação elevada são caracterizadas pela associação de diferentes escalas temporais, como também a falta destas são as causas para anos de baixos índices pluviométricos.

Foram observadas, durante a ocorrência dos EE, as escalas sazonal, semestral, interanual curta, de ENOS, de ENOS estendido, da escala de 11 anos relacionada ao Dipolo do Atlântico e ao ciclo de Manchas Solares, escala de 18 anos, relacionada ao Ciclo de Saros e a presença também da escala de 15 a 30 anos e de 22 anos, que está associada a Oscilação Interdecadal do Pacífico e à Oscilação Decadal do Pacífico, respectivamente.

Concluiu-se que a região do Grupo 1, centro a Norte do país, tem influência climática da ODP, e a região do Grupo 2, do centro ao Sul de Portugal, tem influência do Dipolo do Atlântico e Ciclo de Manchas Solares.

Com o acompanhamento climático desses fenômenos, os gestores podem antecipadamente diminuir os riscos e perdas causadas pelos eventos extremos em ambas as regiões. Sugere-se que outros países façam esse tipo de pesquisa para tomada de decisões e implementação de políticas públicas e de clima/mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, Rita Valéria; KAYANO, Mary Toshie (2007) A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n.1, p.63-74.

ANDREOLI, Rita Valéria; KAYANO, Mary Toshie; GUEDES, Roberto Lage; OYAMA, Marcos Daisuke; ALVES, Maria Aparecida Senaubar. (2004) influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.3, 337-344.

ASHOK, Karumuri; BEHERA, Swadhin; RAO, Suryachandra Anguluri; WENG, Hengyi; YAMAGATA, Toshio. (2007) El Niño Modoki and its possible teleconnection. **Journal of Geophysical Research**, v.112, p. 1-27, DOI: 10.1029/2006JC003798

BEER, Juerg; MENDER, Werner; STELLMACHER, Rita. (2000) The role of the sun in climate forcing. **Quaternary Science Reviews**, v.19, p. 403-415.

BLAIN, Gabriel Constantino; KAYANO, Mary Toshie (2011) 118 anos e dados mensais do índice padronizado de precipitação: Série meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.1, 137 - 148.

BONFIM, Osmar Evandro Toledo; DA SILVA, Djane Fonseca (2017) Identificação de Áreas de precipitação Homogêneas nas Bacias Hidrográficas Aguapeí-Peixe (SP). In: **Simpósio Internacional de Climatologia**, 7, 2017, Petrópolis.

CHALUB, Fábio Augusto da Costa Carvalho. (2009) The Saros cycle: obtaining eclipse periodicity from Newton's laws. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1.

CLAUZET, Gabriel.; WAINER, Ilana. (1999) Identificação da variabilidade de baixa frequência em algumas regiões da costa sudeste-nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Oceanografia**, v, 47, n, 1, p, 69-78.

DA SILVA, Djane Fonseca (2009) Análise de aspectos climatológicos, agronômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE). **Tese** (Doutorado em Recursos Naturais). UFCG, Campina Grande.

DA SILVA, Djane Fonseca (2017) Aplicação de análises de Ondeletas para detecção de ciclos e extremos pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 187 – 198.

DA SILVA, Djane Fonseca; KAYANO, Mary Toshie.; SOUSA, Francisco de Assis Salviano de (2010) Uso de ferramentas estatísticas para acompanhamento climático e prevenção de riscos na Bacia Hidrográfica do rio Mundaú (Brasil). **Revista Territorium** (Portugal), v. 17, p. 17-26.

DA SILVA, Djane Fonseca; LIMA, Maria José da Silva; SOUZA NETO, Pedro Fernandes; GOMES, Heliofábio Barros; SILVA, Fabrício Daniel dos Santos; ALMEIDA, Henrique Ravi Rocha de Carvalho; PEREIRA, Marcos Paulo Santos; COSTA, Rafaela Lisboa. (2020) Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, p. 449-464.

DOS SANTOS, Sérgio Rodrigo Quadros; BRAGA, Célia Campos; SANSIGOLO, Clovis Angeli; SANTOS, Ana Paula Paes. (2017) Determinação de Regiões Homogêneas do Índice de Precipitação Normalizada (SPI) na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n.1, p. 111-122. DOI: 10.1590/0102-778632120160013

ECHER, Ezequiel; RIGOSO, Nivaor Rodolfo; NORDEMANN, Daniel Jean Roger; VIEIRA, Luiz Eduardo Antunes; PRESTES, Alan; FARIA, Heloisa Helena. (2003) O número de manchas solares, índice da atividade do sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2.

FRAGOSO, Marcelo Henrique Carapito Martinho. (2003) Climatologia das precipitações intensas no sul de Portugal. **Tese** (Doutorado em Geografia Física)-Universidade de Lisboa, Lisboa.

GERSHUNOV, Alexander; BARNETT, Tim P. (1998) Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.79, p. 2715–2725.

GRIM, Alice Marlene (2003) The El Niño Impact on Summer Monsoon in Brazil: Regional Processes versus Remote Influences. **Journal of Climate**, v. 16, p. 263-280.



GRIM, Alice Marlene (2004) How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? **Climate Dynamics**, v. 22, n.2-3, p. 123-138.

GRIM, Alice Marlene; BARROS, Vicente R; DOYLE, Moira E. (2000) Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, p. 35-58.

GRIM, Alice Marlene; TEDESCHI, Renata G. (2009) ENSO and extreme rainfall events in South America. **Journal of Climate**, v. 22, p. 1589-1609, 2009.

GROISSMAN, Pavel Ya; KNIGHT, Richard W.; EASTERLING, David R.; KARL, Thomas R.; HEGERL, Gabriele C.; RAZUVAEV, Vyacheslav N. (2005) Trends in intense precipitation in the climate record. **Journal of Climate**, n.18, p.1326-50.

GUEDES, Roni Valter de Souza; LIMA, Francisco José Lopes; AMANAJÁS, Jonathan Castro; BRAGA, Célia Cunha (2010) Análise em componentes principais da precipitação pluvial no Estado do Piauí e agrupamento pelo método de Ward. **Revista de Geografia**, Recife, p 218-233.

GUEDES, Roni Valter de Souza; MACEDO, Maria José Herculano; SOUSA, Francisco de Assis Salviano. (2012) Análise espacial de eventos de secas com base no índice padronizado de precipitação e análise de agrupamento, **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n23, p 55-65.

GUIMARÃES, Raphael Mendonça; ASMUS, Carmen Ildes Rodrigues Fróes; BURDOF, Alex. (2013) Characterization of population exposure to organochlorines: a cluster analysis application. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.16, p. 231-239.

HASTENRATH, Stefan; HELLER, Leon. (1977) Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil, Quarterly. **Journal of the Royal Meteorological Society**, n, 103, v, 435, p, 77-92.

KERR, Richard A. (1996) A new dawn for sun-climate links? **Science**, Washington, DC, v.271, n.5254, p. 1360-1361.

LINDEMANN, Douglas da Silva; FREITAS, Rose Ane Pereira de; RODRIGUES, Jackson Martins; NUNES, Mateus Dias; PINTO, Luciana Barros (2019). Oscilações decadais da temperatura do ar na América do Sul durante o período de verão austral e suas relações com o Oceano Atlântico Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, n.06, p. 2163-2176.

LOUREIRO, Renata Silva de; SARAIVA, Jaci Maria; SARAIVA, Ivan; SENNA, Renato Cruz; FREDÓ, Amne Sampaio. (2014) Estudo dos Eventos Extremos de Precipitação Ocorridos em 2009 no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29. n. esp. p. 83-94.

MACEDO, Maria José Herculano; GUEDES, Roni Valter Souza; SOUSA, Francisco Assis Salviano; DANTAS, Fabiane Regina Cunha (2010) Análise do Índice Padronizado de Precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 204-214.

MANTUA, Nathan J.; HARE, Steven R.; ZHANG, Yuan; WALLACE, John M.; FRANCIS, Robert C. (1997) Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production, **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, p. 1069-1079.

MARENGO, José Antônio Orsini. (2016) Mudanças climáticas, **Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil**. Disponível em:<http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf>. Acesso em: 31-08-2017.

MCKEE, Thomas B.; DOESKEN, Nolan J.; KLEIST, John. (1993) The relationship of drought frequency and duration of time scales. In: conference on applied climatology. Preprints: **American Meteorological Society**, p. 179-186.

MOLION, Luís Carlos Baldicero. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**, Cachoeira Paulista, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2005.

MOREIRA, Elsa E.; MARTINS, Diogo S.; PEREIRA, Luis Santos. (2015). Assessing drought cycles in SPI time series using a Fourier analysis. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 15, 571-585.

OLIVEIRA, Marcos José de; CARNEIRO, Celso Dal Ré; VECCHIA, Francisco Arthur da Silva; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. (2017) Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. **Terra e Didática**, v.13, n.3, p.149-184.

PELLEGRINO, Giampaolo Queiroz; OTAVIAN, Adriano Franzoni; EVANGELISTA, Silvio Roberto Medeiros; ASSAD, Eduardo Delgado; PINTO, Hilton Silveira. (2007) Mapeamento automático do índice da precipitação normalizada (SPI) no Agritempo. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 15, 2007, Aracajú, SBA: Embrapa Tabuleiros Costeiros.

PEREIRA, Susana; ZÊZERE, José Luís; QUARESMA, I., SANTOS, P. P.; SANTOS, M. (2016). Mortality Patterns of Hydro-Geomorphologic Disasters. **Risk Analysis**, 36(6), 1188-1210. doi:10.1111/risa.12516

PRADO, Luciana Figueiredo. (2010) Oscilação interdecadal do Pacífico e seus impactos no regime de precipitação no Estado de São Paulo. **Dissertação** (Mestre em Ciências)-Universidade de São Paulo, São Paulo.

ROCKWOOD, Anthony A.; MADDOX, Robert A. (1998) Mesoscale and synoptic scale interactions leading to intense convection: The case of 7 June 1982. **Weather and Forecasting**, v. 3, p. 51-68.

SANTOS, João Filipe; PULIDO-CALVO, Inmaculada; PORTELA, Maria Manuela. (2010). Spatial and temporal variability of droughts in Portugal. **Water Resources Research**, 46(3), n/a-n/a. doi:10.1029/2009WR008071

SANTOS, Mónica; FONSECA, André; FRAGOSO, Marcelo; SANTOS, João. (2019) Evolução recente e futura de índices de extremos de precipitação em Portugal Continental. In **ÁGUA E TERRITÓRIO: UM TRIBUTO A CATARINA RAMOS**. Centro de Estudos Geográficos, IGOT, Universidade de Lisboa. ISBN 978-972-636-279-1. DOI doi: 10.33787/CEG20190005.

SCAFETTA, Nicola. (2010) Empirical evidence for a celestial origin of the climate oscillation and its implications. **Journal of atmospheric and solar-terrestrial physics**. 72 (13): 951-970.

SCAFETTA, Nicola. (2012) Multi-scale harmonic model for solar and climate cyclical variation throughout the Holocene based on Jupiter-saturn tidal frequencies plus the 11-year solar dynamo cycle. **Journal of Atmospheric and solar-terrestrial physics**. 80: 296-311.



SOUZA, Everaldo Barreiros de; BRABO ALVES, José Maria.; NOBRE, Paulo (1998) Anomalias de precipitação nos setores Norte e Leste do Nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão de Dipolo observados na Bacia do Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, n. 2, p. 45-55.

TADESSE, Tsegaye; WILHITE, Donald A.; MICHAEL, J. Hayes; HARMS, Sherri K.; GODDARD, Steve. (2005) Discovering Associations between Climatic and Oceanic Parameters to Monitor Drought in Nebraska Using Data Mining Techniques, **Journal of Climate**, Boston, v.18, p.1541-1550.

TEDESCHI, Richard G. (2013) As influências de tipos diferentes de ENOS na precipitação e nos seus eventos extremos sobre a América do Sul. 2013, 224f. **Tese** (Doutorado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos.

TORRENCE, Christopher; COMPO, Gilbert P. (1998) A Practical Guide to Wavelet Analysis, **Bulletin of American Meteorological Society**, 79, 61-78.

ULIANA, Eduardo Morgan; Dos REIS, Edvaldo Fialho; De SOUZA, Adilson Pacheco; SILVA, José Geraldo Ferreira; XAVIER, Alexandre Cândido. (2015) Utilização do Índice de Precipitação Padronizado para a Região Norte do Estado do Espírito Santo. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 414-428.

UNAL, Yurdanur; KINDAP, Tayfun; KARACA, Mehmet. (2003) Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. **International Journal of Climatology**, v. 23, p. 1045–1055.

WENG, Hengyi; LAU, K-M. (1994) Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the Tropical Western Pacific. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.51, n.17, p.2523-2541.

WILMOTT, Cort J.; MATSUURA, Kenji. (2001) **Terrestrial Air Temperature and Precipitation: Monthly and Annual Time Series (1950 - 1999)**, http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/README.ghcn_ts2.html.

ZHAI, Jianqing; Su, Buda; KRYSANOVA, Valentina; TOBIAS, Vetter; GAO, Chao; JIANG, Tong. (2010) Spatial variation and trends in PDSI and SPI indices and their relation to streamflow in ten large regions of China, **Journal of Climate**, v.23, n.3, p. 649- 663.