

DISTRIBUIÇÃO DOS TOTAIS MENSAIS DE CHUVA EM GOIÁS E NO DISTRITO FEDERAL: ANÁLISE DE UM EPISÓDIO DE EL NIÑO

MONTHLY RAINFALL DISTRIBUTION IN GOIÁS AND THE FEDERAL DISTRICT: A CASE STUDY OF AN EL NIÑO EVENT

DISTRIBUCIÓN DE LOS TOTALES MENSUALES DE LLUVIA EN GOIÁS Y EL DISTRITO FEDERAL: ANÁLISIS DE UN EPISODIO DE EL NIÑO

Washington Silva Alves

Doutor em Geografia, Universidade Estadual de Goiás

washington.alves@ueg.br

<https://orcid.org/0000-0002-7937-2290>

João Batista Pereira Cabral

Doutor em Geografia, Universidade Federal de Jataí

jbcabral2000@yahoo.com.br

<https://orcid.org/0000-0003-2046-5975>

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Doutor em Geografia, Universidade Federal de Goiás

diegonascimento@ufg.br

<https://orcid.org/0000-0002-0420-3636>

RESUMO: O ENOS e a ODP são fenômenos que modificam a circulação atmosférica sobre o oceano pacífico equatorial/tropical e promovem alterações climáticas em várias partes do mundo. Essa pesquisa teve como objetivo analisar a distribuição dos totais mensais de chuva nos meses correspondentes ao período chuvoso em Goiás e no Distrito Federal, em dois episódios de El Niño, um associado a fase quente da ODP e o outro associado a fase fria. Para cumprimento desse objetivo, utilizou-se dados históricos de chuva de 1975 a 2016 de 40 estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os eventos de El Niño e as fases positiva e negativa da ODP se identificou por meio de dados da NOAA e em seguida selecionados dois episódios extremos de El Niño, considerados muito forte, um na fase quente (1982/1983) e outro na fase fria (2015/2016). Os dados foram organizados em banco de dados e aplicado técnicas estatísticas para gerar a regiões pluviométrica na área de estudo, os limites máximos e mínimos e também aplicação dos testes F e t de Student, com intuito de comparar os totais mensais, registrados nos dois episódios, e verificar se houve diferenças significativas. Também se fez uso do *Standardized Precipitation Index*¹ (SPI) de cada mês analisado para verificar as anomalias de chuva. Os resultados demonstraram que as fases da ODP interferiram na distribuição mensal dos episódios de El Niño, que na fase quente o El Niño foi potencializado e registrou-se anomalias positivas nos totais mensais dos meses analisados.

Palavras-chave: Variabilidade; ENOS; Teleconexão.

¹ *Standardized Precipitation Index*. Traduzindo para o português do Brasil significa: “Índice de Precipitação Padronizada.

ABSTRACT: ENSO and PDO are phenomena that modify atmospheric circulation over the equatorial/tropical Pacific Ocean and lead to climate changes in various parts of the world. This study aimed to analyze the distribution of monthly rainfall totals during the rainy season months in Goiás and the Federal District during two El Niño episodes—one associated with the warm phase of the PDO and the other with the cold phase. To achieve this objective, historical rainfall data from 1975 to 2016 were used, obtained from 40 rain gauge stations maintained by the National Water Agency (ANA) and the National Institute of Meteorology (INMET). El Niño events and the positive and negative phases of the PDO were identified using NOAA data. Two extreme El Niño episodes classified as very strong were selected: one during the warm phase (1982/1983) and the other during the cold phase (2015/2016). The data were organized into a database, and statistical techniques were applied to delineate rainfall regions within the study area, as well as to determine maximum and minimum limits. Additionally, F-tests and Student's t-tests were performed to compare the monthly totals recorded during the two episodes and to assess whether significant differences existed. The Standardized Precipitation Index (SPI) was also applied for each month analyzed to identify rainfall anomalies. The results showed that the PDO phases influenced the monthly distribution of El Niño episodes. During the warm phase, El Niño was intensified, and positive anomalies in the monthly rainfall totals were recorded in the analyzed months.

Keywords: Variability; ENSO; Teleconnection.

RESUMEN: El ENSO y la PDO son fenómenos que modifican la circulación atmosférica sobre el océano Pacífico ecuatorial/tropical y generan cambios climáticos en varias partes del mundo. Esta investigación tuvo como objetivo analizar la distribución de los totales mensuales de precipitación durante los meses correspondientes al período lluvioso en Goiás y en el Distrito Federal, en dos episodios de El Niño: uno asociado a la fase cálida de la PDO y otro asociado a la fase fría. Para cumplir este objetivo, se utilizaron datos históricos de precipitación desde 1975 hasta 2016, provenientes de 40 estaciones pluviométricas de la Agencia Nacional de Aguas (ANA) y del Instituto Nacional de Meteorología (INMET). Los eventos de El Niño y las fases positiva y negativa de la PDO fueron identificados mediante datos de la NOAA, y se seleccionaron dos episodios extremos de El Niño, considerados muy fuertes, uno en la fase cálida (1982/1983) y otro en la fase fría (2015/2016). Los datos fueron organizados en una base de datos y se aplicaron técnicas estadísticas para delimitar las regiones pluviométricas en el área de estudio, así como los límites máximos y mínimos. Además, se aplicaron las pruebas F y t de Student con el fin de comparar los totales mensuales registrados en los dos episodios y verificar si existieron diferencias significativas. También se utilizó el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para cada mes analizado con el fin de detectar anomalías en la precipitación. Los resultados mostraron que las fases de la PDO influyeron en la distribución mensual de los episodios de El Niño, observándose que en la fase cálida el fenómeno fue potenciado y se registraron anomalías positivas en los totales mensuales de los meses analizados.

Palabras clave: Variabilidad; ENOS; Teleconexión

1. INTRODUÇÃO

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (Enos) tem sido reconhecido pela comunidade científica como um dos principais impulsionadores das variações climáticas em escala global. A influência sobre a precipitação tem sido objeto de estudo há décadas devido ao seu impacto na distribuição ao redor do mundo. No entanto, entender de maneira mais profunda como o Enos afeta a distribuição espacial e temporal da chuva, bem como sua relação com eventos extremos de precipitação, continua sendo um desafio importante para os pesquisadores.

A ação do Enos tem sido investigada em diversas partes do mundo. Pode ser citado, como exemplo, Philippon *et al.* (2012) na África do Sul; Cabrera *et al.* (2018) na cidade do México; Wei *et al.* (2017) na região de Beijing-Tianjin, na China; e Trejo *et al.* (2016) nos extremos de chuva na Venezuela.

No Brasil também há vários estudos que abordaram a relação do Enos com a variabilidade da precipitação pluviométrica; por exemplo, Moraes e Nery (2014) analisaram a variabilidade das chuvas na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraíba do Sul; Marcuzzo e Goularte (2012) mensuraram o número de dias com chuva no estado do Tocantins; Nóbrega e Santiago (2014) investigaram as anomalias de chuva no estado de Pernambuco; Costa e Silva (2017) estudaram as anomalias de chuvas no estado do Ceará e Nascimento; Lima e Cruz (2019) averiguaram a origem de episódios de eventos extremos de chuva em Goiânia-GO.

Com base nesses estudos, pode-se entender o Enos como um fenômeno que tem sua participação no regime de chuvas, ora contribuindo para o excesso de chuva, ora para sua escassez. De fato, o Enos altera o regime de chuvas e gera impactos significativos no âmbito econômico, relacionado à produção agrícola e à geração de energia. Também gera impactos devido à vulnerabilidade social, quando os extremos de chuva ou de seca corroboram para desastres ambientais, inundações em áreas urbanas ou para a falta de água para abastecimento humano.

Porém, é importante ressaltar que o Enos não é o único fenômeno que contribui para alteração do regime de chuva, inclusive pode estar associado a outros fenômenos de origem oceânico-atmosférica.

Para Kayano e Andreoli (2009), a intensidade e a frequência de El Niño e La Niña variam com o regime da ODP, pois durante a fase fria da ODP, os eventos possuem frequência equivalente. Por sua vez, na fase quente, os eventos de El Niño são mais frequentes e mais intensos. Os autores também sugeriram que a ODP cria um *background* que atua construtiva ou destrutivamente, quando o Enos e a ODP estão na mesma fase ou em fase distinta.

Molion (2005) afirmou, baseado no índice multivariado do Enos, que houve mais registros de eventos de La Niña durante a fase fria (1947-1976) da ODP e mais eventos de El Niño durante a fase quente (1977-1998) (Figura 1). Nota-se que de 1999 em diante há uma tendência de que a ODP esteja diante de uma nova fase fria, porém não há informações oficiais sobre essa condição, mas é perceptível nesse intervalo temporal a maior frequência e intensidade das La Niñas.

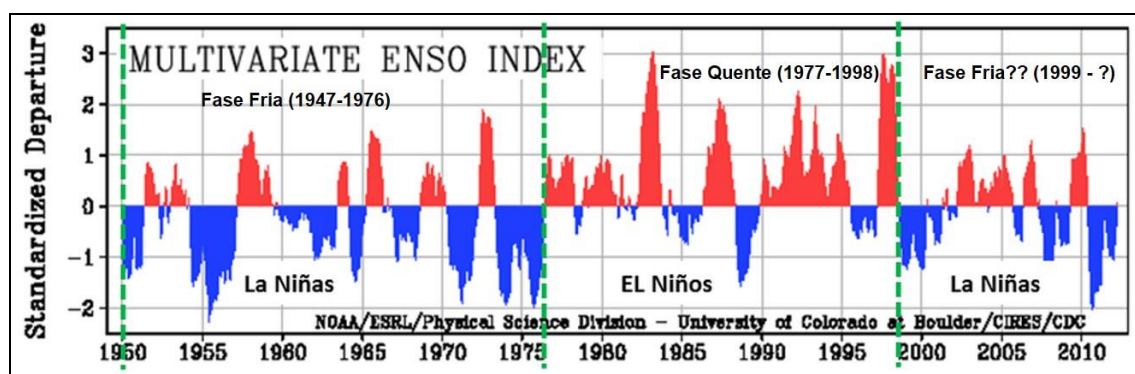


Figura 1 – Distribuição temporal do índice multivariado do Enos e as fases da ODP. Fonte: Noaa (2024).

Pesquisas realizadas no Brasil têm evidenciado essa associação entre o Enos/ODP e suas repercussões na distribuição, variabilidade e extremos de chuva. É o caso dos estudos realizados por Andreoli e Kayano (2005) em relação aos padrões de chuva, em escala mensal, na América do Sul; Prado (2010), que analisou o regime das chuvas no estado de São Paulo; Da Silva, Galvêncio e Nóbrega (2011), sobre a variabilidade interanual das chuvas em sub-bacias do rio São Francisco; Nascimento Junior e Sant’Ana Neto (2015), que investigaram essa associação com o número de dias com chuva no estado do Paraná; e Spinelli e Mendonça (2015), que estudaram a variabilidade da precipitação sazonal na bacia do Rio do Peixe, localizada no estado de Santa Catarina.

Partindo das observações relatadas anteriormente, o objetivo desta pesquisa foi analisar a distribuição dos totais mensais de chuva nos meses correspondentes ao período chuvoso em Goiás e no Distrito Federal, em dois episódios de El Niño, sendo um associado à fase quente da ODP e o outro associado à fase fria.

É importante ressaltar que o recorte espacial, abordado neste estudo, é economicamente dependente do agronegócio, por isso resultados de pesquisas como esta se tornam fontes de informações para a gestão dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental e territorial, evidenciando a relevância deste estudo no âmbito da dinâmica socioespacial e da perspectiva ambiental.

Como foi mencionado anteriormente, a alteração nos regimes de chuva, seja anual, mensal ou sazonal, contribui na origem de impactos que podem afetar diretamente esses setores mencionados. Por isso, há necessidade de compreender, de forma detalhada, como o ENOS exerce sua influência na distribuição das chuvas e nos seus extremos no estado de Goiás e no Distrito Federal. Cabe ressaltar que essa pesquisa tem como propósito explorar somente amostras das condições de El Niño. Outros estudos terão a possibilidade de ampliar a investigação de fenômenos de origem oceânico-atmosférico, buscando se dedicar na compreensão das relações do ENOS e ODP nas condições de La Niña e de Neutralidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo se refere ao estado de Goiás e ao Distrito Federal, localizados na região Centro-Oeste do Brasil. O estado de Goiás e o Distrito Federal somam um território com extensão de 345.890 km², que corresponde a quase 4% do território do Brasil. Desse total, 340.111km² referem-se a Goiás e 5.779km², ao Distrito Federal.

As estimativas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o ano de 2023, apontam que Goiás possui uma população de 7.206.589 habitantes. O Distrito Federal possui uma população, nesse mesmo ano, de 3.094.325 habitantes.

Segundo o Instituto Mauro Borges (2023), apesar de o estado de Goiás passar por um processo crescente de industrialização, a agricultura e a pecuária continuam sendo sua principal atividade econômica, pois a produção de grãos e a carne produzida em Goiás são atividades comerciais fortemente impulsionadas pela exportação. Todavia, os dois setores citados são bastante vulneráveis à variabilidade climática, desde a variação do regime de precipitação entre anos secos e chuvosos, assim como devido a eventos extremos de precipitação ou por estiagens prolongadas, que acarretam em perdas na produção agrícola e de insumos para criação de bovinos, de suínos e de aves.

O IBGE (2019) indica que o estado de Goiás ocupa a 4ª posição no ranking de produção de grãos no país, com maior expressividade na produção de milho, soja, sorgo, cana-de-açúcar, tomate, feijão e algodão herbáceo. Com relação à produção de carnes, o mesmo instituto aponta que no ano de 2018 o estado de Goiás foi responsável por 6,5% da criação nacional de aves, 4,1% de suínos e 10,3% de bovinos.

No contexto dos aspectos geomorfológicos, o relevo da área de estudo é formado por depressões, planaltos e chapadões. Segundo Nascimento (2016), é composta por sete compartimentos topográficos, que se distinguem em relação às características de altitude e formas do relevo (Figura 2).

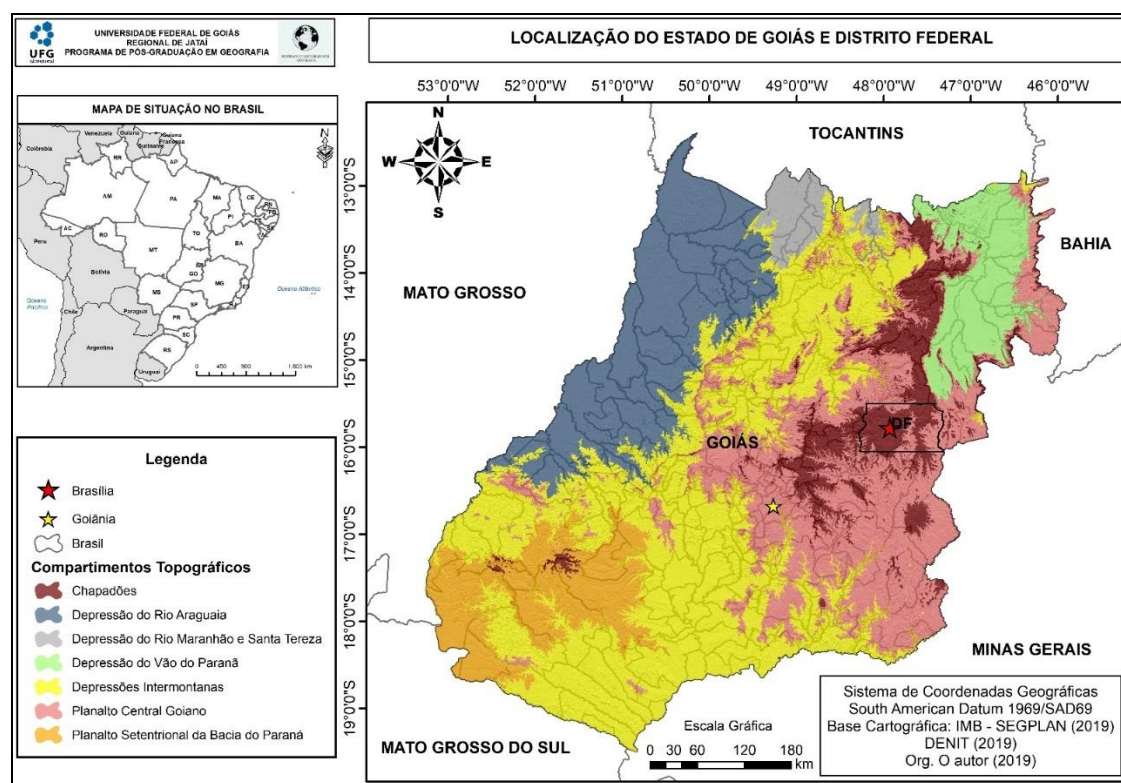


Figura 2 – Compartimentos topográficos de Goiás e do Distrito Federal. Fonte: Nascimento (2016).

As sete unidades geomorfológicas distribuídas regionalmente são:

a) Chapadões de Goiás e Distrito Federal: ocorrem de forma concentrada em uma faixa que corresponde ao centro-nordeste goiano. Também se apresenta em algumas estruturas no sudoeste e leste de Goiás. Conforme Nascimento (1992), nesta unidade se encontram locais de maior altitude do relevo que variam entre 960 m e 1672 m.

- b) Depressão do Rio Araguaia: localizada no noroeste e oeste do estado de Goiás, as características sinalizaram influências do processo de pediplanação, conforme o IMB (2019). Essa área é caracterizada por apresentar as menores cotas altimétricas que atingem até 183 m.
- c) Depressão do Alto Tocantins: localiza-se ao norte de Goiás, na região de Porangatu. Esse compartimento imprime na paisagem as menores cotas altimétricas, que variam entre 183 m e 420 m.
- d) Depressão do Vão do Paranã: localizada no nordeste de Goiás com altitudes que variam de 420 m a 700 m acima do nível do mar. Segundo Nascimento (1992), o termo Vão foi adotado para designar a depressão posicionada entre relevos mais elevados representados pelas escarpas do compartimento denominado anteriormente de Espigão Mestre. Atualmente se denomina de Platô Urucuia, de Chapadão Ocidental da Bahia, cujas bordas se localizam na divisa de Goiás com a Bahia.
- e) Relevos Residuais e Depressões Intermontanas: apresentam altitudes que variam de 420 m a 700 m e segundo Nascimento (1992) se caracterizam por formas amplas e tabulares localizadas em compartimentos de relevos residuais mais elevados do Planalto do Alto Tocantins/Paranaíba; confere-se para essa unidade uma estrutura intermontana.
- f) Planalto Central Goiano: possui altitudes que variam de 700 a 960 m acima do nível do mar e corresponde ao Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba; conforme a proposta de Nascimento, (1992) se configura como uma área constituída de relevos rebaixados por ação de processos erosivos.
- g) Planalto de Rio Verde: situado no sudoeste de Goiás, possui altitudes que variam entre 700 e 960 m acima do nível do mar. Corresponde à unidade Planalto Setentrional da Bacia do Paraná definida por Nascimento (1992) e se divide em dois compartimentos: o Planalto de Caiapônia, área de menor altitude (400 – 700 m), que se localiza entre as escarpas da *cuesta* do Caiapó, e a Depressão do Araguaia. O outro compartimento é o Planalto do Rio Verde, onde se constitui o reverso da *cuesta* do Caiapó e se divide em duas unidades geomorfológicas, uma mais elevada e outra mais rebaixada.

O uso da terra na área de estudo é marcado pelo predomínio de usos antrópico (64%) com relação à cobertura natural (36%), tendo como referência os dados dos mapeamentos anuais de cobertura e uso da terra disponibilizados pelo Projeto Mapbiomas referente ao ano de 2022. Dentre os usos antrópicos, o predomínio é de pastagens (38,3%) e agricultura (14,5%), ao passo que dentre as coberturas vegetais prevalece a formação savânica (18%), seguida pela florestal (11,9%) e campestre (4%). As manchas de vegetação nativa de cerrado se concentram principalmente no norte e no nordeste de Goiás, com fragmentos de vegetação presentes por toda a área em estudo.

Em relação aos aspectos climáticos, o estudo de Nimer (1979) revela uma tipologia de clima tropical do Brasil Central, com predomínio do subtipo quente semiúmido, com 4 a 5 meses secos. Na região central e no Distrito Federal, onde ocorrem o Planalto Central Brasileiro e o Planalto Central Goiano, prevalece o subtipo subquente semiúmido, com 4 a 5 meses secos.

Nimer (1979), Quadros (1994) e Abreu (1998) apontaram que os principais sistemas atmosféricos responsáveis pela dinâmica climática do Centro-Oeste do Brasil são: a) o sistema de circulação perturbada de oeste promovido pela atuação da Massa Equatorial Continental (mEc); b) o sistema de circulação perturbada de norte representado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); c) o sistema de circulação perturbada de sul, representado pela Frente Polar Atlântica (FPa); d) a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

2.1. Procedimentos metodológicos

Inicialmente foi realizada a revisão bibliográfica relacionada à temática abordada para a construção do embasamento teórico-metodológico. Em seguida, realizou-se o levantamento dos dados pluviométricos de estações administradas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Foram selecionadas 40 estações pluviométricas com série histórica homogênea de 41 anos (1975 a 20166) – conforme indicado pela Figura 3.

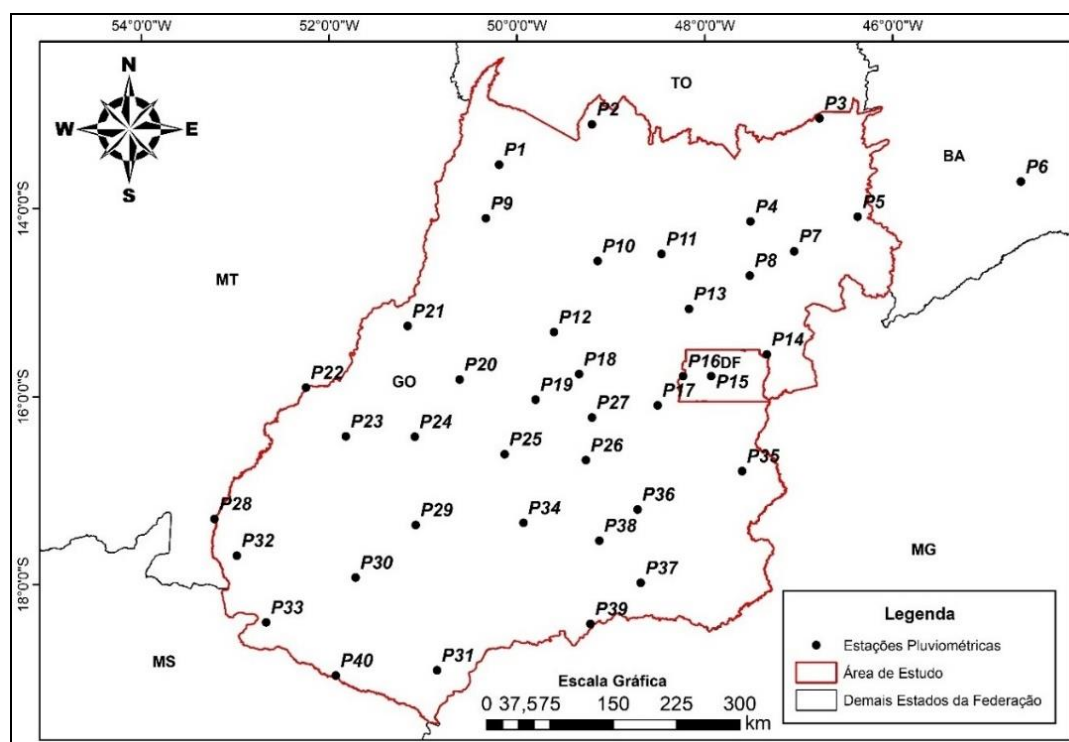


Figura 3 – Distribuição espacial das estações pluviométricas na área de estudo. Fonte: Ana (2024).

A rede de estações pluviométricas selecionadas para o trabalho contempla todos os compartimentos topográficos da área de estudo. Essa distribuição espacial bem representativa é importante, pois conforme os resultados demonstrados por Nascimento (2016), os compartimentos atuam como fatores determinantes nas condições climáticas, sobretudo na distribuição espacial das chuvas em Goiás e no Distrito Federal.

Entre as 40 estações, 09 apresentaram falhas de dados durante a série histórica selecionada para este estudo, sendo: P2 (Porangatu); P14 (Formosa); P20 (Itapirapuã); P29 (Montividiu); P33 (Mineiros); P35 (Cristalina) e P38 (Morrinhos) (Figura 4). Todas apresentaram menos de 5% de falhas na série histórica analisada.

Para o preenchimento das falhas foi utilizado o método da ponderação regional, proposto por Bertoni e Tucci (2000), que utiliza dados de três ou mais estações pluviométricas que estejam em um raio máximo de 150 km. A ponderação regional considera três fatores: 1) a qualidade dos dados da estação definida para o preenchimento das falhas; 2) a distância em relação à estação que está com dados faltantes; e 3) a altitude e a semelhança das características geográficas da área.

Esse procedimento é empregado em estudos nas áreas de climatologia e hidrologia, áreas em que se verifica aplicação em pesquisas desenvolvidas por Tucci e Silveira (2004), Mariano (2005), Zavattini e Boin (2013), Neves (2018), com estudos na área de climatologia e hidrologia.

2.2. Obtenção e definição das fases e intensidade do ENOS e das fases da ODP

Os dados referentes ao ENOS e a ODP foram obtidos junto à NOAA, que disponibiliza informações referentes a esses fenômenos em sua página virtual no endereço eletrônico <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/>. Em relação ao ENOS, as fases quente e fria, chamadas de El Niño e La Niña, respectivamente, bem como sua intensidade (fraca, moderada, forte e muito forte), foram definidas por meio do Índice Oceânico Niño (ION), registrado pela NOAA desde o ano de 1950 e disponibilizado na *homepage* da organização.

2.3. Definição das regiões pluviométricas

Em função do grande volume de dados pluviométricos obtidos pelas 40 estações, o resultado seria uma análise extremamente laboriosa e exaustiva sobre as influências do ENOS e da ODP na variabilidade das chuvas em cada estação.

Além dessas questões operacionais, é coerente considerar que há semelhanças, quanto à distribuição espacial e temporal das chuvas na área de estudo, conforme foi identificado por Nimer (1979) e por Nascimento (2016). Nesse sentido, haveria uma repetição exaustiva referente à dinâmica das chuvas em duas, três, quatro ou mais estações pluviométricas, sobretudo entre aquelas muito ou relativamente próximas.

Desse modo, foi aplicada a técnica de análise de agrupamento de dados pluviométricos para definição das regiões com pluviosidade homogênea, conforme sugerido por Silvestre, Sant'Anna Neto e Flores (2013). Para tanto, foi organizada uma planilha eletrônica com os totais anuais de chuva, referentes a cada estação e para cada ano da série histórica foi elencada para análise.

Em seguida, a planilha com os dados pluviométricos foi inserida no *software R*, para aplicação da técnica de análise de agrupamento. Foi empregada a técnica de hierarquização, a partir do método de Ward, também utilizado por Baldo (2006) para agrupar dados de chuva no estudo realizado na bacia hidrográfica do rio Ivaí.

Conforme frisado por Silvestre, Sant'Anna Neto e Flores (2013, p. 31), “o usuário da análise deve decidir sobre o ponto de corte, que define o número de grupos desejados”. Essa escolha é arbitrária; no entanto, para se assegurar uma quantidade ideal de grupos/regiões pluviométricas, considerou-se a disposição dos compartimentos topográficos definidos por Nascimento (2016) e retratados pelo Mapa 1.

Desse modo, foi estabelecido um ponto de corte que resultou em nove grupos gerados pela análise de agrupamento, cuja quantidade e extensão demonstraram relativa associação com a compartimentação topográfica da área em apreço, conforme demonstrado pela Figura 4.

Assim, como representante de cada região pluviométrica, foi elencada uma estação para a análise, sendo que tal escolha foi baseada em dois critérios: a) posição mais centralizada dentro da região pluviométrica; b) menor quantidade de falhas nos dados.

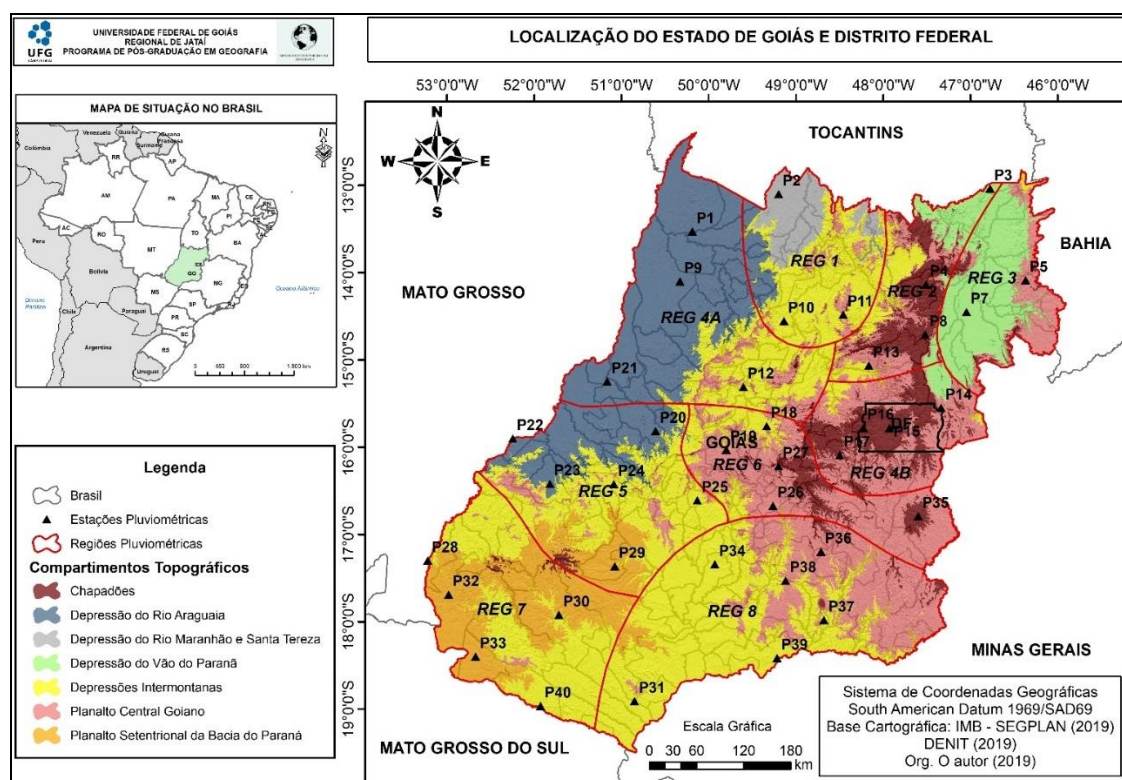


Figura 4 – Regiões pluviométricas do estado de Goiás e do Distrito Federal definidas a partir da análise de agrupamentos. Fonte: Os autores (2024)

2.4. Procedimento metodológico para escolha dos episódios de El Niño/ODP Quente e El Niño/ODP Fria

Com base nos episódios de El Niño e ODP, obtidos a partir dos dados fornecidos pela NOAA, foram definidos os episódios mais extremos de El Niño, em ambas as fases da ODP.

Em seguida, considerando toda a série histórica, foi construído um banco de dados com os totais mensais de chuva para cada uma das regiões pluviométricas, para gerar os limites superiores e inferiores para cada mês, sendo que os limites definem a oscilação considerada estatisticamente normal dos totais mensais de chuva.

Há de se considerar que a média, conforme foi salientado por Zavattini e Boin (2013) e Vieira (2017), é uma medida de tendência central que resume a informação contida num conjunto de dados. Portanto, por meio dos limites, é possível identificar a variação, considerada normal, dos totais mensais de chuva.

Para estabelecer os limites, geraram-se a média e o desvio padrão dos totais de chuva em cada mês do ano durante toda a série histórica. Em seguida se definiu o número de amostras (que correspondeu a 41) e estabeleceu-se o nível de confiança estatística de 97%. Posteriormente, gerou-se o intervalo de confiança, conforme Vieira (2017).

Após terem sido determinados os limites, foram gerados gráficos compostos pelos limites (superiores e inferiores) e os totais mensais de chuva de cada mês correspondente ao período, quando mais de 95% das chuvas ocorrem (setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio), para cada região pluviométrica de Goiás e do Distrito Federal.

Também se utilizaram dados do SPI mensal, produzido e disponibilizado pelo Centro de Pesquisa de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC,) que revelaram a intensidade das anomalias dos totais mensais de chuva.

Os testes estatísticos F e t de Student foram aplicados para verificar a homogeneidade ou não das variâncias e também para verificar se houve uma variação significativa ou não entre os totais anuais de chuva dos episódios de El Niño/ODP Quente e El Niño/ODP Fria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os episódios selecionados para análise foram divididos em dois grupos, um que esteve sob a ação da ODP positiva (1982/1983 – El Niño Muito Forte) e outro sob atuação da ODP negativa (2015/2016 – El Niño Muito Forte).

No episódio de El Niño 1982/1983 (ODP Quente), todas as regiões pluviométricas registraram totais de chuva superiores aos que foram registrados no episódio de El Niño de 2015/2016 (ODP Fria). A maior diferença foi registrada em Itumbiara (879,2 mm) e a menor em Flores de Goiás (259,3 mm) (Tabela 1).

Tabela 1 – Diferença dos totais pluviométricos dos anos hidrológicos 1982/1983 (El Niño/ODP Quente) e 2015/2016 (El Niño/ODP Fria) e em Goiás e no Distrito Federal

Regiões Pluviométricas	1982/1983 (mm)	2015/2016 (mm)	Diferença (mm)
Porangatu	1.465,5	1.199,1	266,4
Alto Paraíso de Goiás	1.435,0	868,7	566,3
Flores de Goiás	1.195,4	936,1	259,3
Britânia	1.714,6	1.145,5	569,1
Brasília	1.650,5	1.044,9	605,6
Iporá	1.989,9	1.214,5	775,3
Goiânia	1.900,7	1.437,9	462,8
Jataí	1.955,0	1.406,2	548,8
Itumbiara	2.075,4	1.196,2	879,2

Fonte: Os autores (2024).

O Teste F revelou que as variâncias entre os grupos foram homogêneas, pois o valor de p foi maior que 0,05 e o Teste t demonstrou que as diferenças entre os totais de chuva de Goiás e do Distrito Federal, obtidos nos dois episódios, foram estatisticamente significativas, pois o valor de p (0,0001) foi menor que 0,05.

As diferenças entre os totais de chuva dos episódios de El Niño foram divergentes e no episódio que esteve sob a influência da ODP Quente ocorreu maior volume de chuva.

No episódio de 1982/1983, o acumulado de chuva no mês de janeiro/1983 foi acima do limite superior em todas as regiões pluviométricas. Os acumulados de fevereiro/1983 foram acima do limite superior em Britânia, Brasília e Iporá, e os totais mensais do mês de março ultrapassaram o limite superior em Porangatu, Alto Paraíso de Goiás, Flores de Goiás e Itumbiara (Figura 5).

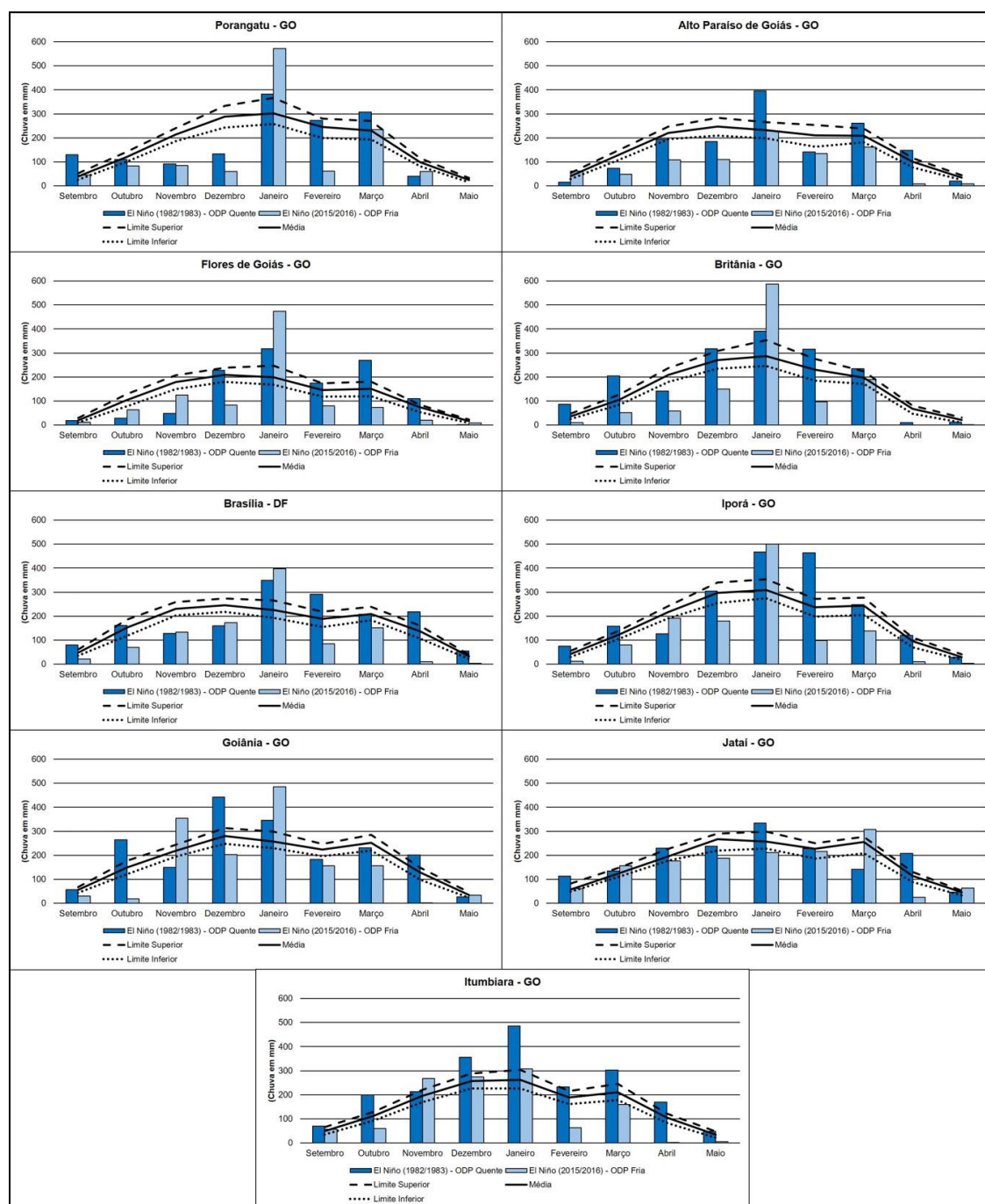


Figura 5 – Distribuição dos totais mensais de chuva nas regiões pluviométricas de Goiás e do Distrito Federal entre os anos hidrológicos de El Niño 1982/1983 e de 2015/2016. Fonte: Os autores (2024).

Também é possível notar que os acumulados de chuva do mês de outubro/1982 estiveram dentro da normalidade prevista (entre o limite mínimo e o máximo) ou acima do limite máximo nas regiões pluviométricas localizadas no centro-sul (Britânia, Iporá, Goiânia, Brasília, Jataí e Itumbiara). Os meses de novembro/1982 e dezembro/1982 apareceram nas regiões pluviométricas, com acumulados de chuva dentro da normalidade (Alto Paraíso de Goiás, Jataí e Itumbiara) ou abaixo do limite mínimo previsto (demais regiões).

Nota-se que o total de chuva do mês de janeiro/1983 foi acima do limite máximo ou dentro da normalidade em todas as regiões pluviométricas. Em Porangatu, Flores de Goiás, Britânia, Brasília, Iporá e Goiânia o volume de chuva registrado em janeiro de 2016, foi superior ao de janeiro de 1983. Em Britânia, o acumulado de chuva foi próximo a 600 mm, que

correspondeu a quase 50% da média de chuva prevista para todo o ano hidrológico.

Esse fato indicou que nessas regiões houve maior concentração das chuvas no mês de janeiro/2016, enquanto que nos demais meses foi observada uma redução dos acumulados de chuva, ao ponto de permanecerem abaixo do limite mínimo previsto como normal.

O mês de janeiro também apresentou disparidade entre as fases da ODP. A concentração dos volumes de chuva em janeiro de 2016 fez com que os acumulados de chuva fossem maiores que os acumulados registrados no mês de janeiro de 1983, na maioria das regiões pluviométricas, porém com um percentual menor.

Em Alto Paraíso de Goiás, Jataí e em Itumbiara os acumulados de janeiro de 1983 foram superiores aos de janeiro de 2016, com a maior diferença registrada em Alto Paraíso de Goiás (100,9%). Nas demais regiões pluviométricas os acumulados de chuva em janeiro de 1983 foram inferiores, pouco mais de -33% nas regiões de Porangatu (-33,1%), Flores de Goiás (-33,0%) e em Britânia (-33,3%) (Tabela 2).

Tabela 2 – Acumulados de chuva registrados em janeiro de 1983 e janeiro de 2016

Regiões Pluviométricas	Jan./83	Jan./16	Dif. (mm)	Dif. (%)
Porangatu	381,7	571,3	-189,6	-33,1
Alto Paraíso de Goiás	396,4	197,3	199,1	100,9
Flores de Goiás	316,9	473,1	-156,2	-33,0
Britânia	391,3	587	-195,7	-33,3
Brasília	348,3	393,1	-44,8	-11,3
Iporá	467,4	500,33	-32,93	-6,5
Goiânia	346,2	484,8	-138,6	-28,5
Jataí	333,4	211,1	122,3	57,9
Itumbiara	484,9	307,4	177,5	57,7

Fonte: Os autores (2024).

Entre os meses mais chuvosos os acumulados de chuva foram abaixo do limite mínimo estabelecido na maior parte das regiões pluviométricas, principalmente em novembro, dezembro, fevereiro e março. Entretanto em houve exceções como foi caso de Goiânia no mês de novembro/1982, em Jataí nos meses de fevereiro e março, e em Itumbiara nos meses de novembro/1982 e dezembro/1982.

As informações do SPI revelaram que no episódio de 1982/1983 (ODP Quente) apenas o mês de novembro/1982 apresentou anomalias de chuva entre moderadas e extremamente secas no centro-norte da área de estudo.

Nos demais meses as anomalias foram classificadas entre normal e extremamente úmida, porém, no mês de janeiro/1983, prevaleceram anomalias classificadas como severas a extremamente úmidas em Goiás e no Distrito Federal. Somente no Vão do Paranã, onde está a região pluviométrica de Flores de Goiás, as anomalias foram moderadamente úmidas a normal (Figura 6).

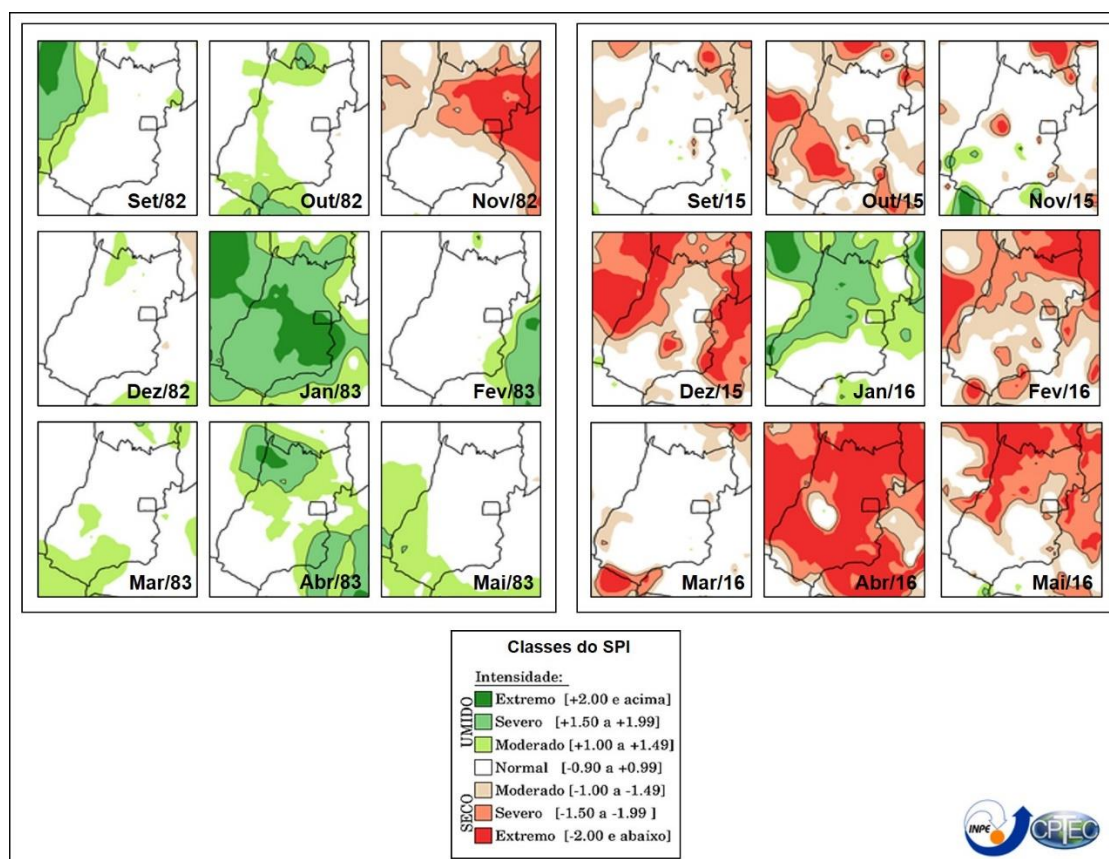


Figura 6 – SPI dos totais mensais de chuva dos anos hidrológicos de El Niño 1982/1983 e 2015/2016 em Goiás e no Distrito Federal. Fonte: CPTEC (2024).

No episódio de 2015/2016 (ODP Fria), os meses de outubro/2015, dezembro/2015, fevereiro/2016, abril/2016 e maio/2016 registraram anomalias negativas de precipitação, que variaram de moderada a extremamente seca e indicaram que o volume de chuva foi abaixo da climatologia desses meses. Somente o mês de janeiro/16 apresentou anomalias positivas variando de moderada a severamente úmida no Centro-Norte e em parte do sudoeste de Goiás.

Em síntese, pode-se afirmar que: a) os acumulados anuais e a distribuição mensal das chuvas foram divergentes entre os dois episódios de El Niño; b) no episódio que esteve sob atuação da ODP Quente, os acumulados anuais foram maiores e os meses de outubro/82, novembro/82 e dezembro/82 se alteraram, entre as regiões pluviométricas, com acumulados de chuva abaixo do limite mínimo; c) no episódio de 2015/2016, os volumes mensais de chuva foram abaixo do que era esperado na maior parte dos meses; d) o volume de chuva registrado no mês de janeiro de ambos os episódios superou o limite máximo estabelecido em todas as regiões pluviométricas, ou seja, o volume de chuva foi acima do que era esperado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise apresentada, foi possível diagnosticar que a associação entre o El Niño e as fases da ODP interferiu na distribuição dos totais mensais de chuva em Goiás e no Distrito Federal.

A associação entre El Niño/ODP Quente proporcionou uma distribuição de chuva mais próxima da normalidade verificada em cada mês. Os dados do SPI demonstraram que houve chuvas acima da normalidade em janeiro/83 e apenas no mês de novembro/82 houve registros de anomalias negativas de chuva, que foram classificadas como severas e extremamente secas na

porção norte/nordeste de Goiás.

No episódio de El Niño/ODP Fria nota-se uma concentração do volume de chuva, acima da normalidade, no mês de janeiro/16 e, baseado no SPI, houve maiores anomalias de condições moderadas a extremamente secas nos demais meses analisados, abrangendo a maior parte da área em estudo nos meses de outubro/15 (centro-sul), dezembro/15 (oeste-norte e nordeste), fevereiro/16 (centro-norte) e abril/16 (todo estado de Goiás e Distrito Federal).

Também ficou evidente que no mês de janeiro, independentemente da fase da ODP, a condição de El Niño corroborou para totais de chuva acima da normalidade. É importante que novas pesquisas continuem sendo desenvolvidas com o objetivo de averiguar as teleconexões e seus impactos na variabilidade climática em Goiás, sendo que os extremos climáticos impactam diretamente a nossa vida, seja em termos econômicos ou mesmo de saúde.

Cabe destacar que os resultados apresentados estão condicionados a algumas limitações metodológicas e amostrais. A análise concentrou-se em apenas dois episódios extremos de El Niño, ambos classificados como muito fortes e associados a fases distintas da ODP, o que restringe a generalização dos achados. Eventos de ENOS apresentam respostas atmosféricas variadas mesmo dentro de uma mesma categoria de intensidade, de modo que a inclusão de outros episódios, fracos, moderados e adicionais eventos fortes, em diferentes fases da ODP poderia proporcionar associações estatísticas mais robustas e uma compreensão mais abrangente da modulação interdecadal sobre o regime pluviométrico regional.

Do ponto de vista espacial, a definição de regiões pluviometricamente homogêneas e a adoção de uma estação representativa por grupo implicam simplificações que podem não captar integralmente variações locais influenciadas por relevo, altitude, uso da terra e sistemas atmosféricos de Mesoescala. Assim, os resultados devem ser interpretados como indicativos de padrões associados aos episódios estudados, reforçando a necessidade de investigações futuras com maior densidade espacial de dados, ampliação do recorte temporal e integração com outras variáveis oceânicas e atmosféricas.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. de. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Genomos**, n. 6, v. 2, p. 17-22, 1998. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11466>. Acesso em: 23 jun. 2023.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A influência do Atlântico tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 63-64, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v22n1/a07v22n1.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2023.

BALDO, M. C. Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR. 2006. p. 172. **Tese** (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia da Unesp de Presidente Prudente-SP. Unesp, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/10143>. Acesso em: 2 fev. 2024.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2000.

CABRERA, J. L. B.; ROMERO, E. A.; GONZALES, F. J. R.; LÓPEZ, O. R. Effects of ENSO, on precipitation in Mexico City. **Investigaciones Geográficas**, n. 97, p. 1-12, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n97/2448-7279-igeo-97-00002.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2024.

COSTA, J. A.; SILVA, D. F. da. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n. 4, p. 1002-1013, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234026>. Acesso em: 25 abr. 2024.

DA SILVA, D. F. Influência da variabilidade interdecadal do clima associada ao Enos sobre o estado do Ceará.

Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 4, n. 2, p. 86-98, Aquidauã-2013. Disponível em: <https://sustenera.co/index.php/rica/article/view/ESS2179-6858.2013.002.0005>. Acesso em: 18 set. 2023.

DA SILVA, D. F.; GALVINCIO, J. D.; NOBREGA, R. S. Influência da variabilidade climática e da associação de fenômenos climáticos sobre sub-bacias do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 19, p. 46-56, Rio de Janeiro-RJ. Disponível em: <
https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/361/310>. Acesso em: 22 set. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2019. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=521020>. Acesso em: 28 jun. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2023. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=521020>. Acesso em: 28 jun. 2023.

IMB. Instituto Mauro Borges. Perfil dos Municípios Goianos 2019. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/>. Acesso em: 28 jun. 2023.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Variabilidade decenal e multidecadal. In: CAVALCANTI, I. F. de A.; FERREIRA, N. J.; DA SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. da S. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MARCUZZO, F.; GOULARTE, E. R. P. Índice de anomalia de chuva do estado do Tocantins. In: **Revista Geoambiente on-line**, n. 19, p. 55-71, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/26056>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MARIANO, Z. de F. A importância da variável climática na produtividade da soja no sudoeste de Goiás. 2005. p. 168. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia da Unesp de Rio Claro-SP. Unesp, 2005. Disponível em: http://www.acervodigital.unesp.br/handle/unesp/169267?locale=pt_BR. Acesso em: 21 out. 2023.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, el niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do Pacífico. **Revista Climanalise**, n. 1, 2005. Disponível em:
http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/Artigo_Aquecimento_0805.pdf. Acesso em: 18 jun. 2023.

MORAES, M. de P. C.; NERY, J. T. Análise da variabilidade pluvial na unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Paraíba do Sul (UGHRI-2). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, 264-274, 2014. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36536>. Acesso em: 20 abr. 2024.

NASCIMENTO JUNIOR, L.; SANT'ANA NETO, J. L. Contribuição aos estudos da precipitação no estado do Paraná: a oscilação decadal do Pacífico – ODP. **Revista Ra'e Ga: Espaço em Análise**, v. 35, p. 314-343. Curitiba-PR, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42048>. Acesso em: 12 set. 2023.

NASCIMENTO, D. T. F. **O ritmo e a gênese das chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas de precipitação por satélite**. 2016. p. 203. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia do Iesa/UFG, UFG, 2016.

NASCIMENTO, D. T. F.; LIMA, L. V. V.; CRUZ, V. P. Episódios e gênese dos eventos climáticos extremos em Goiânia-GO. In: **Cadernos de Geografia**, PUC-Minas, v. 29, p. 583-608, 2019. Disponível em:
<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/19598>. Acesso em: 22 nov. 2024.

NASCIMENTO, M. A. L. S. Geomorfologia do estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 12, n. 1, 1992. Disponível em:
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/215/o/NASCIMENTO_Maria_Amelia_Leite_Geomorfologia_Go.pdf. Acesso em: 22 ago. 2023.

NEVES, G. Z. de F. **Distribuição geográfica das chuvas no estado de Goiás e Distrito Federal: dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos**. 2018. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, USP, São Paulo-SP, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22052018-174146/pt-br.php>. Acesso em: 12 jul. 2023.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979, p. 391-404.

- NOAA – **National Oceanic and Atmospheric Administration**. El Niño South Oscillation (ENSO), 2019. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- NÓBREGA R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico na variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Revista Mercator**, Fortaleza-CE, v. 13, 2013, p. 107-118. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v13n1/1676-8329-mercator-13-01-0107.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- PHILIPPON, N.; ROUAULT, M.; RICHARD, Y.; FAVRE, A. The influence of ENSO on winter rainfall in South Africa. **International Journal of Climatology**, n. 32, 2012. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.3403/pdf>. Acesso em: 18 abr. 2024.
- QUADROS, M. F. L. Estudo de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994. 94 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Inpe, São José dos Campos-SP, 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250986842_Estudo_de_episodios_de_zonas_de_convergencia_do_Atlantico_Sul_ZCAS_sobre_a_America_do_Sul. Acesso em: 23 jul. 2021.
- SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos-padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**, Unesp – Presidente Prudente-SP, v. 2, n. 20, p. 23-53, 2013. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/2360>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- SPINELLI, K.; MENDONÇA, M. Variabilidade sazonal da precipitação na bacia do Rio do Peixe (SC) e sua relação com ENOS e ODP. In: **Anais do XI Encontro Nacional da Anpege**, p. 7479-7491, 2015. Disponível em: <http://www.enanpege.ggf.br/2015/anais/>. Acesso em: 18 set. 2023.
- TREJO, F. J. P.; BARBOSA, H. A.; RUIZ, I. Q.; PEÑALOZA-MURILLO, M. A. Patrones de circulación atmosféricos-oceánicos a meso-escala vinculados a la sequías extensas em Venezuela. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 468-489, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-77862016000800468&lng=pt&nrm=iso&tlng=es. Acesso em: 7 abr. 2024.
- VIEIRA, S. **Estatística básica**. Cengage Learning, São Paulo-SP, 2017.
- WEI, W.; SHI, Z.; YANG, X.; WEI, Z.; LIU, Y.; ZHANG, Z.; GE, G.; ZHANG, X.; GUO, H.; ZHANG, K.; WANG, B. Recent Trends of Extreme Precipitation and Their Teleconnection with Atmospheric Circulation in the Beijing-Tianjin Sand Source Region, China, 1960-2014. **Atmosphere**, v. 8, n. 83, p. 2-18, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/8/5/83>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- ZAVATTINI, J. A. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2013. 150 p.