

A participação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) nas anomalias de chuva em Goiás e no Distrito Federal

The participation of El Niño Southern Oscillation (ENSO) and Pacific Decadal Oscillation (PDO) in rainfall anomalies in Goiás and the Federal District

Washington Silva Alves^{*}, João Batista Pereira Cabral^{**}, Diego Tarley Ferreira Nascimento^{***}

^{*} Curso de Geografia, UEG-Unidade de Iporá, washiiipora@hotmail.com

^{**} Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Jataí, jbcabral2000@yahoo.com.br

^{***} Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, diego_nascimento@ufg.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v55i0.83567>

Resumo

Este artigo teve como objetivo analisar a participação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) na variabilidade das anomalias de chuva no estado de Goiás e no Distrito Federal. Para isso, foram elencados dados de chuva de 40 estações pluviométricas, que foram organizados em planilhas de cálculo e definidos os anos hidrológicos e as regiões pluviométricas da área de estudo, essas por meio da técnica de análise de agrupamento. Posteriormente foi selecionada uma estação referente a cada região pluviométrica para cálculo do Índice de Anomalias de Chuva (IAC) relacionados aos anos hidrológicos, e aplicação de testes para analisar as variâncias e significância estatística. Os resultados do IAC demonstraram que houve redução do número de anos neutros durante a fase fria da ODP e que predominaram anomalias positivas de intensidade muito chuvoso e extremamente chuvoso. Nos anos de El Niño houve maior frequência de anomalias positivas de chuva durante a fase quente e de anomalias negativas na fase fria da ODP. Nas condições de La Niña foi identificado que houve maior frequência de anomalias negativas em ambas as fases da ODP.

Palavras-chave: Precipitação, Anomalias, Variabilidade.

Abstract

This article aimed to analyze the participation of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) and the Pacific Decadal Oscillation (PDO) in the variability of rainfall anomalies in the state of Goiás and in the Federal District. For this, rainfall data from 40 rainfall stations were listed, which were organized in spreadsheets and defined the hydrological years and rainfall regions of the study area, using the cluster analysis technique. Subsequently, a station was selected for each rainfall region to calculate the Rain Anomalies Index (RAI) related to the hydrological years, and test application to analyze the

variances and statistical significance. The RAI results showed that there was a reduction in the number of neutral years during the cold phase of the PDO and that positive anomalies of very rainy and extremely rainy intensity predominated. In El Niño years, there was a higher frequency of positive rainfall anomalies during the warm phase and negative anomalies in the cold phase of the PDO. Under La Niña conditions, it was identified that there was a higher frequency of negative anomalies in both phases of the PDO.

Keywords: Precipitation, Anomalies, Variability.

I. INTRODUÇÃO

O clima tem sido objeto de análise de vários pesquisadores ligados as ciências que estudam a atmosfera. No caso da Geografia, o anseio por compreender a interação entre os elementos e fatores climáticos e sua relação com a sociedade, tem sido objeto de estudo da Climatologia Geográfica.

Trata-se de uma questão muito importante, pois os elementos radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar, precipitação pluviométrica e outros, estão cotidianamente em interação com a sociedade, influenciando seu modo de vida, refletindo na economia e repercutindo na sua forma de ocupação e organização no espaço.

Com relação a precipitação pluviométrica, vários pesquisadores, como Monteiro (1951), Nimer (1979), Mariano (2005), Baldo (2006), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Zavattini e Boin (2013), têm estudado as características de distribuição, frequência, intensidade e variabilidade espaço-temporal em diversas regiões do Brasil, com o objetivo de compreender a dinâmica, o regime, o ritmo, a gênese e as repercussões socioambientais e econômicas da habitualidade e excepcionalidade do clima.

É importante ressaltar que além dos fatores que promovem a variabilidade espaço-temporal das chuvas em escala local e regional (como latitude, continentalidade, relevo, maritimidade, etc.), há de considerar o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), uma vez que diversos estudos têm demonstrado que estes fenômenos provocam anomalias nos padrões das chuvas em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil.

O ENOS e a ODP são fenômenos promovidos pela interação entre o Oceano Pacífico e atmosfera subjacente. O aquecimento ou o resfriamento do Oceano Pacífico provoca perturbações na dinâmica da circulação atmosférica que podem ocasionar acréscimo/decréscimos de temperatura e excesso/escassez de chuva em diversas partes do mundo.

Para Berlato e Fontana (2003), o fenômeno ENOS é resultante da variação irregular em torno da interação oceano e atmosfera, na região do Oceano Pacífico tropical. Segundo a *National Oceanic and Atmospheric*

Administration (NOAA), os fenômenos El Niño e La Niña são caracterizados pela ocorrência e manutenção de cinco anomalias trimestrais consecutivas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), superior ou igual a +0,5°C (para caracterizar o El Niño) e inferior ou igual a -0,5°C (para caracterizar La Niña).

Segundo Grimm (2009), a principal fonte de variabilidade climática interanual global é o ENOS, pois provoca reflexos em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Segundo o autor,

Nos trópicos, anomalias positivas de TSM aumentam o fluxo de calor e umidade para a atmosfera, diminuindo a pressão na superfície e aumentando a convergência de baixos níveis e, portanto, a convecção. Com o aumento da convecção, aumenta a formação de nuvens e a liberação de calor latente para a atmosfera, o que produz expansão da coluna atmosférica e divergência em altos níveis. A diminuição da TSM tropical produz anomalias opostas e pode, por meio de diversos mecanismos, perturbar a circulação atmosférica em locais remotos, produzindo variações na precipitação, na temperatura e mesmo em TSM extratropicais (GRIMM, 2009, p. 354).

Ainda conforme Grimm (2009), o ENOS é a principal fonte de variabilidade interanual do clima no Brasil, sendo verificadas anomalias negativas de precipitação nas regiões Norte/Nordeste e positivas na região Sul do Brasil, durante ocorrência de El Niño, e, no caso inverso, durante La Niña, anomalias positivas de precipitação registradas nas regiões Norte/Nordeste e negativas na região Sul do Brasil.

Por sua vez, a ODP é apontada por Mantua et al. (1997) como sendo uma variabilidade de baixa frequência, parecida com ENOS, porém atuante em uma escala de tempo interdecadal, em que as Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico Norte e Pacífico Tropical ficam mais quentes ou mais frias por períodos de 20 a 30 anos. A respeito das características da ODP, convém frisar que

Da mesma forma que o El Niño, a ODP apresenta duas fases. A fase fria é caracterizada por anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical em ambos hemisférios. A última fase fria ocorreu no período 1947-1976. Já a fase quente apresenta configuração contrária, com anomalias de TSM positivas no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical. A fase quente se estendeu de 1977 a 1998 (MOLION, 2005 p. 01).

Para Kyano e Andreoli (2009), a intensidade e a frequência de El Niño e La Niña variam conforme o regime da ODP, pois durante a fase fria da ODP, os eventos possuem frequência equivalente, já na fase quente da ODP, os eventos de El Niño são mais frequentes e mais intensos. Os autores supracitados também sugerem que a ODP cria um *background* que atua construtivamente ou destrutivamente, quando o ENOS e a ODP estão na mesma fase ou em fase distinta.

Esses fenômenos e suas associações ocasionam anomalias de chuva, seja em relação ao excesso ou à escassez de precipitação. Uma das formas utilizadas para analisar tais anomalias é por meio da aplicação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) que, conforme Gross (2015), foi proposto inicialmente por Roy (1965) e incorpora um procedimento de classificação para ordenar magnitudes de anomalias positivas e negativas de

precipitações, ou seja, anos excessivamente secos ou chuvosos. Portanto, o IAC possibilita identificar e avaliar a tendência da precipitação para a localidade ou região analisada. Ainda conforme Gross (2015, p. 32), o IAC “é considerado muito simples, dada a sua facilidade de procedimento computacional, que consiste da determinação de anomalias extremas”, podendo ser “calculado na escala de tempo semanal, mensal ou anual”.

O IAC incorpora um procedimento de classificação para ordenar magnitudes de anomalias de precipitações positivas e negativas (GROSS, 2015).

Há décadas pesquisadores como Cavalcanti (1996), Grimm (2009), Andreoli e Kayano (2009), Foli e Costa (2016), etc., têm buscado identificar os efeitos provocados pelo ENOS e a ODP na variabilidade das chuvas no Brasil. Porém, a maioria das pesquisas tem dedicado seus objetivos em averiguar os efeitos desses fenômenos nas regiões Sul, Norte e Nordeste do Brasil.

Este índice foi usado por Marcuzzo e Goularte (2012) para analisar as anomalias de chuva nos estados de Mato Grosso e Tocantins, localizados nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, respectivamente. O índice também foi utilizado por Chechi e Sanches (2013), Sanches, Verdum e Fisch (2014), Nobrega e Santiago (2014) e Costa e Silva (2017), para análise das influências do ENOS e da ODP na variabilidade das chuvas nas regiões Sul e Nordeste do Brasil.

Ao longo dos anos, vários estudos foram sendo desenvolvidos com o intuito de compreender a dinâmica e a gênese das chuvas na região Centro-Oeste do Brasil e especialmente no estado de Goiás, objeto de estudo deste trabalho, como, por exemplo, Monteiro (1951), Nimer (1979), Barros (2003), Mariano (2006), Zavattini (2009), Luiz (2012), Nascimento (2016) e Neves (2018), porém poucos têm se dedicado em analisar a influência do ENOS, e suas associações com as fases da ODP, na variabilidade das chuvas.

Além disso, geralmente tem sido destacado que o ENOS não é capaz de provocar alterações significativas no padrão dos elementos climáticos nesta região, conforme apontado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Torres e Machado (2012) e Cavalcanti et al. (2013).

No entanto, por meio da observação e do conhecimento empírico de quem reside nessa região, nota-se que em anos de El Niño e La Niña há variações bem perceptíveis no padrão das chuvas, geralmente relacionadas ao início e o final antecipado ou tardio do período chuvoso, ou com relação ao volume e à frequência das chuvas. Nos anos que apresentam essas alterações, são recorrentemente noticiados na mídia problemas de desabastecimento de água, redução do nível de água dos reservatórios destinados a geração de energia elétrica, queda da produção agrícola, além de outros associados a eventos extremos de precipitação ou a estiagens intensas e prolongadas.

Por tal motivo, este artigo se propõe a averiguar a participação do ENOS e suas associações com as fases da ODP na variabilidade espacial e temporal das anomalias dos totais anuais e sazonais de precipitação no estado de Goiás e no Distrito Federal.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

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

As estimativas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, para o ano de 2021 apontam que Goiás possui uma população estimada em 7.206.589 habitantes. O Distrito Federal possui uma população estimada para este mesmo ano em 3.094.325 habitantes ².

Segundo o Instituto Mauro Borges – IMB (2021), apesar do estado de Goiás passar por um processo crescente de industrialização, a agricultura e a pecuária continuam sendo sua principal atividade econômica, pois os grãos e a carne produzida em Goiás impulsionam a exportação. Cabe destacar que os dois setores citados que impulsionam a economia no estado são vulneráveis a variabilidade climática, ou seja, um extremo de chuva ou uma seca prolongada pode acarretar em perdas na agricultura e conseqüentemente nos insumos para criação de bovinos, suínos e aves.

Conforme dados do IBGE (2019), o estado ocupa a 4ª posição no país em produção de grãos, com produção bem diversificada e com maior expressividade a produção de milho, soja, sorgo, cana-de-açúcar, tomate, feijão e algodão herbáceo.

Com relação a produção de carnes, os dados do IBGE (2019) demonstram 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.

O relevo da área de estudo é formado por depressões, planaltos e chapadões. Segundo Nascimento (2016), a área de estudo é composta por sete compartimentos topográficos, que se distinguem em relação as características de altitude e formas do relevo (Figura 1). As sete unidades são:

a) Chapadões de Goiás e Distrito Federal: ocorre de forma concentrada numa faixa que se estende no sentido Anápolis – Brasília – Alto Paraíso. Também se apresenta em algumas manchas no sudoeste e leste de Goiás. Conforme Nascimento (1992) nesta unidade são encontrados os pontos de maior altitude do relevo da área de estudo que variam entre 960m a 1672m;

b) Depressão do Rio Araguaia: localizada no noroeste e oeste do estado de Goiás e é marcada por uma região que sofreu processo de pediplanação, conforme o MAEG (2014). Essa área é marcada por apresentar as menores cotas altimétricas da área de estudo, chegando a 183 m acima do nível do mar;

c) Depressão do Alto Tocantins: se localiza ao norte de Goiás, na região de Porangatu, e é um compartimento topográfico também marcado por apresentar as menores cotas altimétricas da área de estudo, que variam entre 183 m e 420 m acima do nível do mar;

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 que está posicionada entre relevos mais elevados que são representados pelas escarpas do Chapadão Central da Bahia, a leste, que constitui a Formação Serra Geral de Goiás, e pelo Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba;

e) Relevos Residuais e Depressões Intermontanas: apresenta altitudes que variam de 420 m a 700 m e segundo Nascimento (1992) é caracterizada por formas amplas e tabulares localizadas em meio a relevos residuais elevados do Planalto do Alto Tocantins/Paranaíba, o que confere a unidade um caráter intermontana.

f) Planalto Central Goiano: apresenta 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) que a considera uma área de relevos rebaixados por ação de processos erosivos.

g) Planalto de Rio Verde: localizado no sudoeste de Goiás e possui altitudes que variam entre 700 e 960 m acima do nível do mar. Corresponde a unidade Planalto Setentrional da Bacia do Paraná definida por Nascimento (1992) e se divide em duas categorias, o Planalto de Caiapônia área de menor altitude (400 – 700 metros) que se localiza entre as escarpas da cuesta do Caiapó e a Depressão do Araguaia. A outra categoria é o Planalto do Rio Verde se constitui o reverso da cuesta do Caiapó e se divide em dois compartimentos, um mais elevado e outro mais rebaixado.

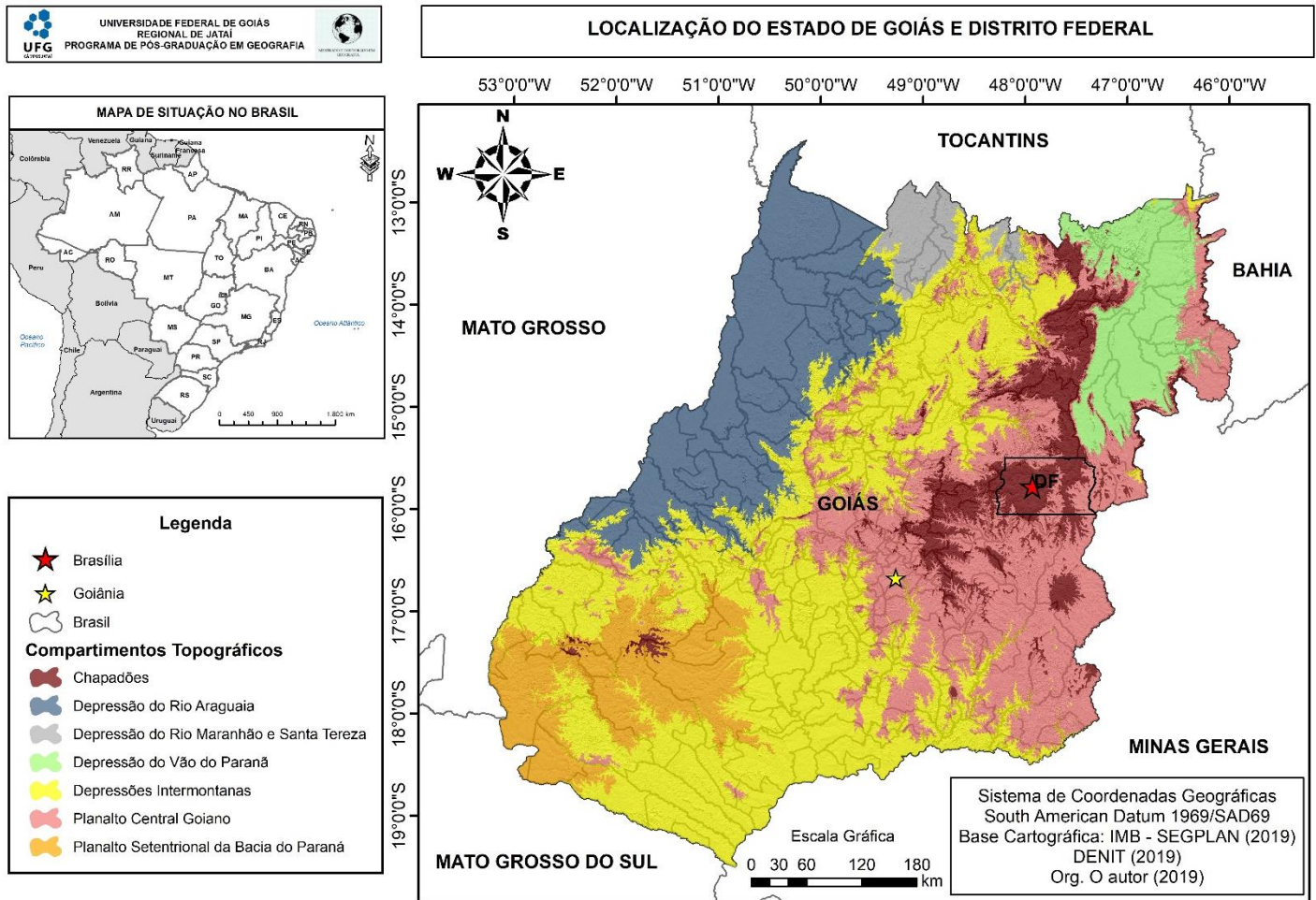


Figura 1 - Compartimentos topográficos de Goiás e do Distrito Federal. Fonte: Nascimento (2016), Org. O autor (2021)

O uso da terra na área de estudo é marcado pelo predomínio de usos antrópico (64%) com relação a cobertura natural (36%), tendo como referência os dados dos mapeamentos anuais de cobertura e uso da terra disponibilizados pelo Projeto Mapbiomas para o ano de 2020. 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 nordeste de Goiás, com fragmentos de vegetação presentes por toda a área em estudo.

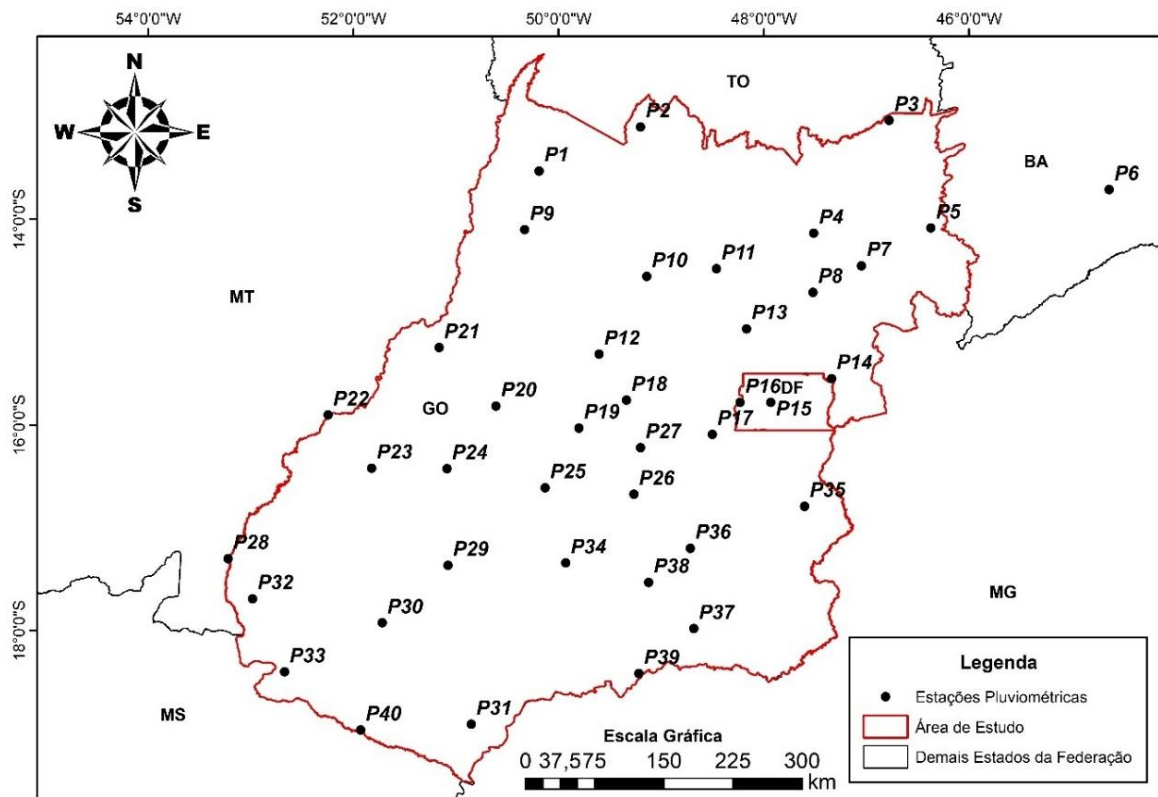
Em relação aos aspectos climáticos da área em apreço, Nimer (1979) a tipologia de clima tropical do Brasil Central, com predomínio do subtipo quente semiúmido, com 4 a 5 meses secos. Na porção central e o Distrito Federal, onde está o Planalto Central Brasileiro e o Planalto Central Goiano, prevalece 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 (onde se encontra a área de estudo) são: a) o sistema de circulação perturbada de oeste promovido pela atuação da Massa Equatorial Continental (mEc); b) Sistema de circulação perturbada de norte representado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); c) Sistema de circulação perturbada de Sul, representado pela Frente Polar Atlântica (FPa); d) A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Procedimentos Metodológicos

Inicialmente foi realizada a leitura de bibliografias relacionadas a temática abordada nesse estudo, para a construção do embasamento teórico-metodológico. Em seguida, foi realizado o levantamento dos dados pluviométricos da área de estudo, a partir dos sites da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Foram selecionadas 40 estações pluviométrica distribuídas na área de estudo e adjacências, com série histórica de 41 anos (1975 – 2016). A Figura 2 representa a distribuição espacial das 40 estações selecionadas, demonstrando contemplarem bem todas as regiões da área em apreço.



Convém ressaltar que a rede de estações pluviométricas selecionadas para o trabalho contempla todos os compartimentos topográficos da área de estudo. Isso é importante, pois conforme os resultados alcançados por Nascimento (2016), os compartimentos topográficos atuam como fatores determinantes na distribuição espacial das chuvas em Goiás e no Distrito Federal.

Entre as 40 estações, 10 apresentaram falhas de dados durante a série histórica selecionada para este estudo. 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 leva em consideração três fatores: 1) a qualidade dos dados da estação definida para o preenchimento das falhas; 2) a distância em relação a estação que está com dados faltantes e; 3) a altitude e a semelhança das características geográficas da área. Dessa forma, o procedimento descrito foi aplicado por meio da equação 1.

$$Y = \frac{\bar{P}_y}{3} \left(\frac{P_{x1}}{\bar{P}_{x1}} + \frac{P_{x2}}{\bar{P}_{x2}} + \frac{P_{x3}}{\bar{P}_{x3}} \right) \quad (1)$$

Onde Y é a estação com dados faltantes, \bar{P}_y é a precipitação média (mensal ou anual) da estação Y . Já o P_{x1} , P_{x2} e P_{x3} são as precipitações mensais ou anuais das estações vizinhas escolhidas para fornecer os dados para o preenchimento da estação Y e os valores correspondentes ao \bar{P}_{x1} , \bar{P}_{x2} e \bar{P}_{x3} são as médias mensais, ou anuais, dessas três estações vizinhas.

Este procedimento foi o mesmo aplicado por Tucci e Silveira (2004), Mariano (2005), Zavattini e Boin (2013), Neves (2018) em estudos na área de climatologia e hidrologia.

Para analisar as influências do ENOS e da ODP na variabilidade das chuvas, na escala anual, foi adotado o ano hidrológico, pois foi levado em consideração que o período chuvoso, na área de estudo, não corresponde ao calendário civil. Caso a análise fosse realizada tomando por base o ano civil, ela seria comprometida, pois fariaria o período chuvoso entre o final de um ano e início do ano subsequente.

Isso poderia direcionar a uma situação em que poderia ocorrer, em um mesmo ano civil, a influência do El Niño nos primeiros meses do ano e de La Niña nos quatro últimos meses do mesmo ano. Dessa forma, tomando por base o total anual, haveria dificuldade de mensurar o quanto um evento de El Niño ou de La Niña realmente influenciou no período chuvoso.

Tendo em vista que, historicamente, o ENOS inicia sua atuação em meados de dezembro, podendo ter uma duração média de 14 meses, é necessária, para uma análise mais concisa, a adoção do ano hidrológico,

pois dessa forma foi possível considerar o volume de água precipitada durante todos os períodos chuvosos da série histórica de 1975 a 2016, portanto, sendo possível identificar com maior clareza as influências dos fenômenos investigados.

Portanto, foi definido como ano hidrológico o período que inicia em setembro de um ano e vai até maio do ano seguinte. Este período corresponde a primavera, verão e outono, estações do ano que concentram mais de 95% da chuva precipitação na área de estudo. Neste sentido, a estação do inverno foi excluída dessa análise, pois o volume de chuva em junho, julho e agosto é insignificante quando comparado ao das demais estações do ano.

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 a NOAA, que disponibiliza as informações referente a esses fenômenos em sua página virtual no endereço eletrônico <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/>. Com relação ao ENOS, as fases quente e fria, chamadas de El Niño e La Niña, respectivamente, bem como sua intensidade (fraco, moderado, 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.

Definição das regiões pluviométricas

Devido ao grande volume de dados pluviométricos obtidos pelas 40 estações, seria extremamente laboriosa e exaustiva a análise sobre as influências do ENOS e da ODP na variabilidade das chuvas em cada estação. Além dessas questões, é coerente considerar que há semelhanças, quanto a distribuição espacial e temporal das chuvas na área de estudo, conforme foi identificado por Nimer (1979) e Nascimento (2016). Neste sentido, haveria uma repetição exaustiva das mesmas características 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 para definição das regiões pluviometricamente homogêneas da área de estudo, conforme sugerido por Silvestre, Sant'Anna Neto e Flores (2013). Para tanto, foi organizada uma planilha eletrônica com os totais anuais de precipitação pluviométrica referentes a cada estação e para cada ano da série histórica elencada para análise. Em seguida, a planilha com os dados 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 assegurar uma quantidade ideal de grupos/regiões pluviométricas para área de estudo, foi levada em consideração a disposição dos compartimentos topográficos definidos por Nascimento (2016) na área de estudo e retratados pela Figura 2. 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 de estudo, conforme demonstrado pela Figura 3 a seguir.

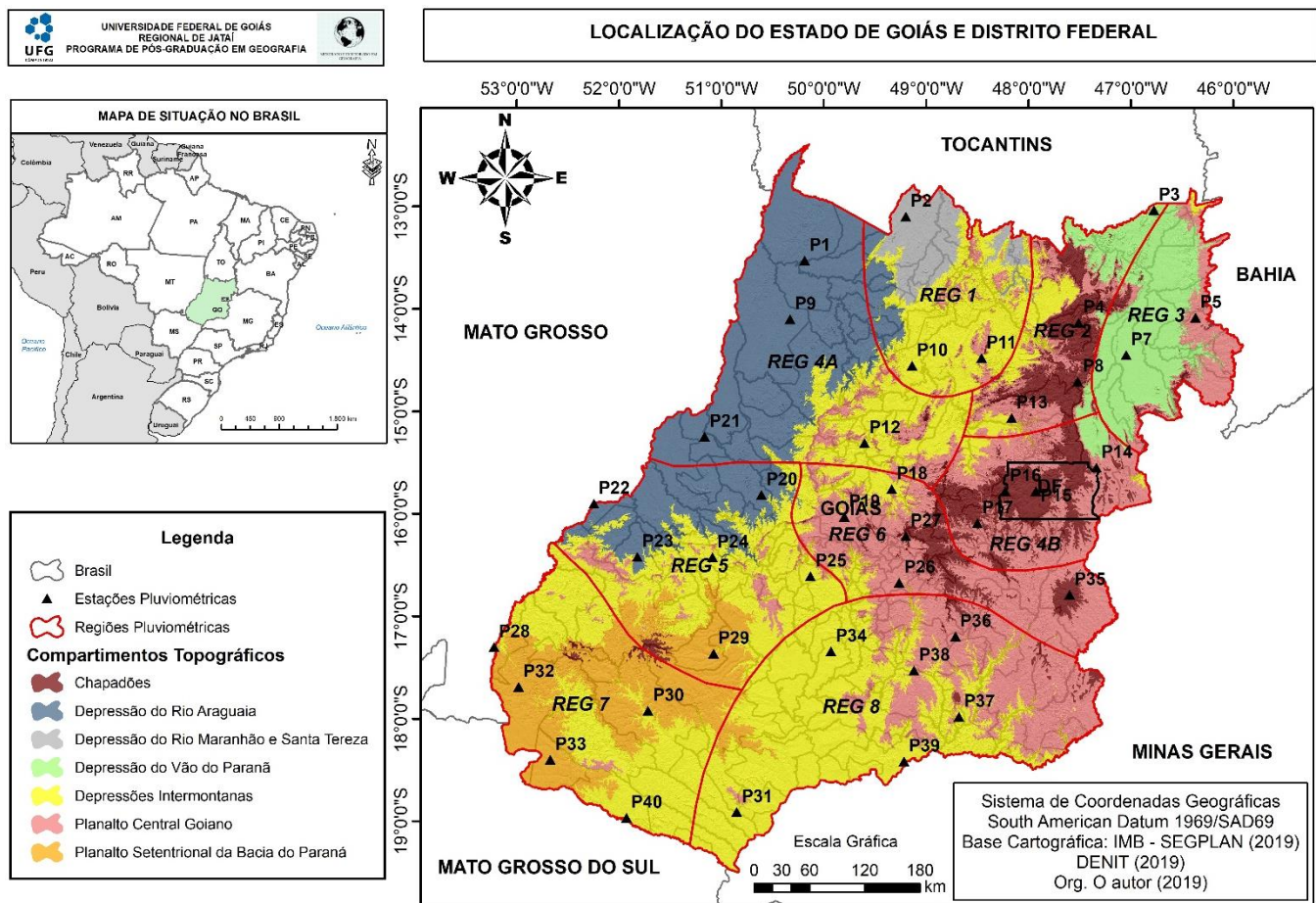


Figura 3 - Regiões pluviométricas do estado de Goiás e Distrito Federal definidas a partir da análise de agrupamentos. Fonte: O autor (2021)

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.

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

O IAC foi aplicado para os dados de chuvas registrados pelas estações representantes de cada região pluviométrica, nas escalas anual e sazonal, por meio das equações 2 e 3, sendo a primeira para obter as anomalias positivas e a segunda as negativas.

$$IAC = 3 * \frac{(N - \bar{N})}{(M - \bar{N})} \quad (2)$$

$$IAC = -3 * \frac{(N - \bar{N})}{(X - \bar{N})} \quad (3)$$

Onde N corresponde a precipitação total (mm) do ano que está sendo analisado o IAC; \bar{N} corresponde à média anual de toda a série histórica analisada; \bar{M} corresponde à média das dez maiores precipitações anuais da estação que está sendo analisada e; \bar{X} corresponde à média das dez menores precipitações anuais da estação que está sendo analisada.

Para identificar a intensidade das anomalias positivas e negativas foi adotado o quadro de referência proposto por Gross et al. (2015), em que os valores obtidos pelo IAC foram ordenados em faixas que expressam a intensidade da anomalia de chuva (Quadro 1).

Quadro 1 – Intensidades do IAC

	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Índice de Anomalia de Chuva	$\geq 4,1$	Extremamente úmido
	2,1 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	-0,1 a -2	Seco
	-2,1 a -4	Muito seco
	$\leq -4,1$	Extremamente seco

Fonte: Gross et al. (2015)

Org. O autor (2021)

Por fim, foram aplicados testes estatísticos (Teste F e Teste t) para avaliar a homogeneidade das variâncias e as diferenças entre os totais anuais de chuva obtidos durante os anos hidrológicos que estiveram na fase quente e fria do ENOS e da ODP.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de anomalia de chuva demonstrou que as associações entre as fases do ENOS e da ODP provocaram alterações no volume de chuva precipitado na área de estudo. Conforme foi ressaltado por Kayano

e Andreoli (2009) durante sua fase quente, os eventos de ENOS são mais frequentes e intensos. Essa constatação também se aplica aos resultados obtidos por meio da análise do IAC em Goiás e no Distrito Federal.

No decorrer da série histórica de precipitação pluviométrica de 41 anos analisada neste estudo (ano hidrológico de 1975/1976 a 2015/2016), foi constatado que a região pluviométrica de Alto Paraíso de Goiás registra o maior número de anomalias negativas (25 anos - mais da metade dos anos da série histórica analisada), ao passo que a região pluviométrica de Goiânia retrata a menor quantidade (19). No que diz respeito às anomalias positivas de precipitação, a região pluviométrica de Goiânia representa o maior número (22 anos), enquanto a região de Flores de Goiás apresenta a menor quantidade (17) (Tabela 1).

Tabela 1 - Número de anomalias positivas e negativas dos totais anuais de chuva entre 1975/1976 e 2015/2016

Região Pluviométrica	Nº de anos com anomalias positivas	Nº de anos com anomalias negativas
Porangatu	21	20
Alto Paraíso de Goiás	16	25
Flores de Goiás	17	24
Britânia	19	22
Brasília	19	22
Iporá	20	21
Goiânia	22	19
Jataí	20	21
Itumbiara	19	22

Fonte: O autor (2021)

Em relação a ODP, durante a fase quente houve maior equilíbrio entre o número de registros de anomalias positivas e negativas, todavia, com maior ocorrência de anomalias positivas. As exceções são para as regiões pluviométricas de Alto Paraíso de Goiás e de Brasília, que apresentaram maior quantidade de anomalias negativas durante esta fase. Entre os anos que estiveram sobre o domínio da fase fria da ODP, é evidente o predomínio de anomalias negativas de precipitação, exceto apenas na região de Goiânia, que registrou números de anomalias positivas de precipitação anual superiores aos de anomalias negativas (8 anos negativos e 10 positivos). Outro destaque é para a região de Brasília, que apresentou a mesma quantidade de anos com anomalias negativas e positivas (9 anos) – Tabela 2.

Tabela 2 - Número de anos com anomalias positivas e negativas dos totais anuais de chuva durante as fases da ODP (1975/1976 a 2015/2016)

Reg. Pluviométrica	ODP Quente		ODP Fria	
	Anom. Posit.	Anom. Neg.	Anom. Posit.	Anom. Neg.
Porangatu	13	10	8	10
Alto Paraíso de Goiás	11	12	5	13
Flores de Goiás	13	10	4	14
Britânia	13	10	6	12
Brasília	10	13	9	9
Iporá	12	11	8	10
Goiânia	12	11	10	8
Jataí	12	11	8	10
Itumbiara	12	11	7	11

Fonte: O autor (2021)

Cabe ressaltar que, na fase fria da ODP, as diferenças entre a quantidade de anos com anomalias negativas e positivas foram mais que o dobro nas regiões de Alto Paraíso de Goiás, Flores de Goiás e Britânia, conforme demonstrado na Tabela 2.

Esse resultado encontrado para a área de estudo confirma a afirmação de Molion (2008) que, ao estudar os efeitos das fases fria e quente da ODP na América do Sul, de que a ODP explica, em parte, a variabilidade das chuvas na América do Sul, uma vez que as precipitações aumentaram durante a fase quente (ODP 1977 – 1998) e diminuíram durante a fase fria (ODP 1947 – 1976) na Bolívia, no Paraguai e no norte, sul, sudeste e no centro da América do Sul, onde estão situados o estado de Goiás e o Distrito Federal.

É bastante consagrada a afirmação feita pelo meteorologista estadunidense Edward Lorenz de que o bater de asas de uma borboleta poderia resultar em um tornado no outro lado do planeta. Apesar da exorbitante associação, a teoria do caos postula que pequenas alterações locais podem ocasionar fenômenos regionais e/ou globais (BISHOP, 2008). Dessa forma, o inverso também é possível, tendo em vista a capacidade de um fenômeno global e/ou regional influenciar outros na escala local. Esta é a premissa das teleconexões, que dizem respeito a anomalias dos elementos climáticos promovidas por forçantes regionais e/ou globais, sendo que “a atmosfera atua como uma ponte entre a região forçante e as regiões remotas” (SILVA; CARPENEDO, 2021, p. 239) – sendo este também o caso da participação do ENOS e da ODP no volume, padrão e regime de chuvas.

Sobre essa questão, novais e Faria (2021, p. 20) explicam que:

Estes fenômenos remotos, também denominados de teleconexões, induzem mudanças na pressão atmosférica, na temperatura da superfície do mar e na direção e velocidade do vento, que podem perdurar de semanas a décadas, dependendo da oscilação. Estas forçantes de grande escala modificam a circulação sobre a região tropical da AS, e assim, contribuem para a duração, o início e o término da estação chuvosa. Da mesma maneira, modificam a qualidade da estação chuvosa, favorecendo precipitação acima ou abaixo da normal climatológica

(ANDREOLI; KAYANO, 2005; ARAÚJO et al., 2012; WANG et al., 2014; GARCIA, 2010; ANDREOLI et al., 2016; VIEGAS et al., 2019).

Os resultados alcançados com a aplicação dos testes estatísticos (Teste *F* e Teste *t* de Student) ratificaram aqueles obtidos por Molion (2008), sendo constatado que as variâncias dos totais anuais de chuva, obtidos durante as fases quente e fria da ODP, são homogêneas. No entanto, as médias dos totais anuais de chuva apresentaram diferenças em todas as regiões pluviométricas, sendo consideradas estatisticamente significativas nas regiões de Porangatu, Alto Paraíso de Goiás, Flores de Goiás, Britânia e Iporá, pois apresentaram um valor de *p*, no Teste *t*, menor que 0,05, o que confirma a hipótese de que há diferenças significativas entre as médias dos dois grupos analisados. (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparativos das variâncias e das médias dos totais anuais de chuva obtidos durante as fases quente e fria da ODP (*diferença estatisticamente significativa)

Região Pluviométrica	Média de Chuva ODP Quente	Média de Chuva ODP Fria	Test F	Teste t
Porangatu	1.656,7	1.486,1	0,694	0,029*
Alto Paraíso de Goiás	1.516,8	1.337,4	0,164	0,029*
Flores de Goiás	1.161,4	1.043,5	0,256	0,039*
Britânia	1.517,3	1.367,8	0,096	0,030*
Brasília	1.523,8	1.471,1	0,522	0,228
Iporá	1.682,1	1.538,6	0,235	0,046*
Goiânia	1.638,4	1.620,4	0,984	0,408
Jataí	1.625,5	1575,4	0,955	0,273
Itumbiara	1.495,5	1.396,9	0,159	0,099

Fonte: O autor (2021)

Molion (2008) destaca ainda que muito provavelmente a ODP altere a intensidade e localização das estruturas da circulação geral da atmosfera e seus respectivos campos de pressão atmosférica, de ventos e de convergência do fluxo de umidade relacionados a fenômenos atmosféricos produtores de precipitação sobre o Brasil, como o caso da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que por sua vez pode alterar o padrão da Massa Equatorial Continental (mEc) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul, mecanismos responsáveis por grande parte dos eventos de precipitação registrados durante a estação chuvosa, em Goiás e no Distrito Federal, conforme foi demonstrado por Nascimento e Oliveira (2020).

Os gráficos da Figura 3 demonstra que nas regiões pluviométricas de Alto Paraíso de Goiás, Flores de Goiás, Britânia e Itumbiara foram registradas as maiores intensidades de anomalias positivas de chuva, com dois ou mais anos hidrológicos classificados como extremamente chuvosos (IAC superior a 4,0), ocorrendo com maior frequência durante a fase quente da ODP, em condições de El Niño ou em anos Neutros, e mais precisamente nos anos iniciais da série histórica elencada para esta pesquisa.

As anomalias negativas de maior intensidade, cujo os anos hidrológicos são classificados em muito seco (IAC inferior a -2,0) ou extremamente seco (IAC inferior a -4), apresentaram maior frequência em condições de La Niña e nos anos intermediários e finais da série histórica, dentro da suposta fase fria da ODP que teve seu início em 1998/1999.

Os gráficos na Figura 4 retratam as anomalias dos totais de chuva dos anos hidrológicos para as regiões pluviométricas de Goiás e do Distrito Federal, sendo demarcados em azul os anos sob influência de El Niño, em vermelho a condição de La Niña e em cinza aqueles caracterizados como neutros. Destaca-se que, conforme apontado por Molion (2008), a última fase fria da ODP foi verificada entre 1947 e 1976, cujos últimos dois anos retratam justamente o início da série temporal estudada, ao passo que a última fase fria do fenômeno se estendeu entre 1977 e 1998, que representa a primeira metade da série temporal analisada.

Em Porangatu, a maior anomalia positiva de chuva (4,2) foi registrada no ano de 1979/1980, sobre a condição de um El Niño fraco, enquanto que a anomalia negativa mais extrema (-6,1) foi registrada no ano neutro de 2012/2013, posterior ao La Niña moderado de 2011/2012.

Em Alto Paraíso de Goiás e em Flores de Goiás, as maiores anomalias positiva (8,1 e 6,6, respectivamente) foram registradas no ano de 1977/1978 (sob influência de El Niño fraco). Já a anomalia negativa mais extrema foi registrada no ano de 2015/2016 (El Niño muito forte), em Alto Paraíso de Goiás (-5,3), e durante o La Niña Forte de 2007/2008 em Flores de Goiás (-6,4).

A linha de tendência estabelecida para as anomalias obtidas durante os anos de El Niño, La Niña e Neutros nessas três regiões pluviométricas (Porangatu, Alto Paraíso de Goiás e Flores de Goiás) revelaram que houve uma elevação das anomalias negativas de chuva nos eventos de El Niño e uma redução de anomalias negativas nos eventos de La Niña, ao longo da série histórica.

Em Britânia, a maior anomalia positiva de chuva (7,3) foi encontrada no ano de 1979/1980 (condição de El Niño fraco). A anomalia negativa mais extrema (-3,3) foi registrada no ano neutro de 2013/2014, classificado como muito seco. As linhas de tendência demonstraram que houve uma redução das anomalias positivas de chuva nos anos de El Niño, La Niña e Neutros durante a série histórica nesta região pluviométrica.

Nas regiões pluviométricas de Brasília, Iporá, Goiânia e Jataí, a distribuição dos anos classificados como muito chuvoso e extremamente chuvoso seguiu a mesma configuração das últimas regiões analisadas, ou seja, com maior frequência durante os anos da fase quente da ODP e sobre a condição de El Niño ou de anos classificados como neutros. Por sua vez, os anos classificados como muito seco e extremamente secos seguiram um padrão diferente. No caso de Brasília, houve maior frequência no período intermediário da série histórica,

entre os anos finais da fase quente e o início da suposta fase fria da ODP, em condições de La Niña. Em Iporá, Goiânia e Jataí, as anomalias negativas mais intensas foram verificadas tanto na fase quente quanto fria da ODP e em condições de La Niña, entretanto, também foram registradas em anos de El Niño e neutros.

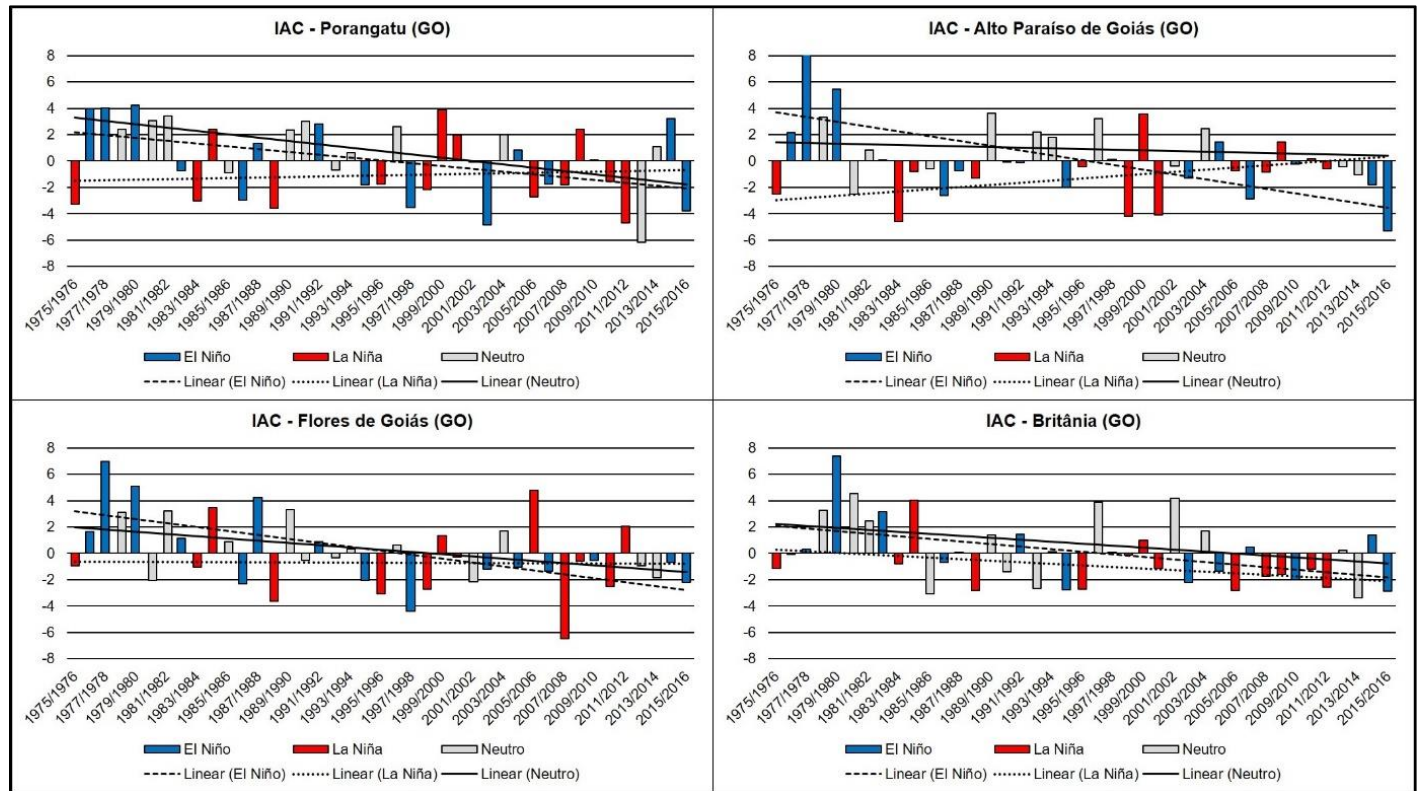


Figura 4 - Distribuição das anomalias dos totais de chuva dos anos hidrológicos em Porangatu, Alto Paraíso de Goiás, Flores de Goiás e em Britânia
Fonte: O autor (2021)

Em Brasília, a maior anomalia positiva ocorreu no ano neutro de 1981/1982 (5,9) e a anomalia negativa mais extrema foi verificada no El Niño de 2015/2016 (-5,2). A linha de tendência apontou para reduções das anomalias positivas somente nos anos de El Niño. Para os anos de La Niña e neutros, apontou uma tendência de elevação das anomalias positivas no decorrer da série histórica.

Na região de Iporá, a maior anomalia positiva (6,5) foi registrada no ano neutro de 1996/1997 e a anomalia negativa mais extrema (-4,1) no ano de La Niña de 2011/2012. As linhas de tendências apontaram aumento das anomalias negativas no decorrer dos anos neutros e de El Niño e das anomalias positivas nos anos de La Niña.

Em Goiânia, a maior anomalia positiva (6,2) ocorreu no ano neutro de 1981/1982, classificado como extremamente chuvoso, e a anomalia negativa mais elevada (-4,4) foi registrada no ano de 1988/1989, classificado como extremamente seco e que esteve sobre o domínio de uma La Niña forte, conforme os gráficos da Figura 5.

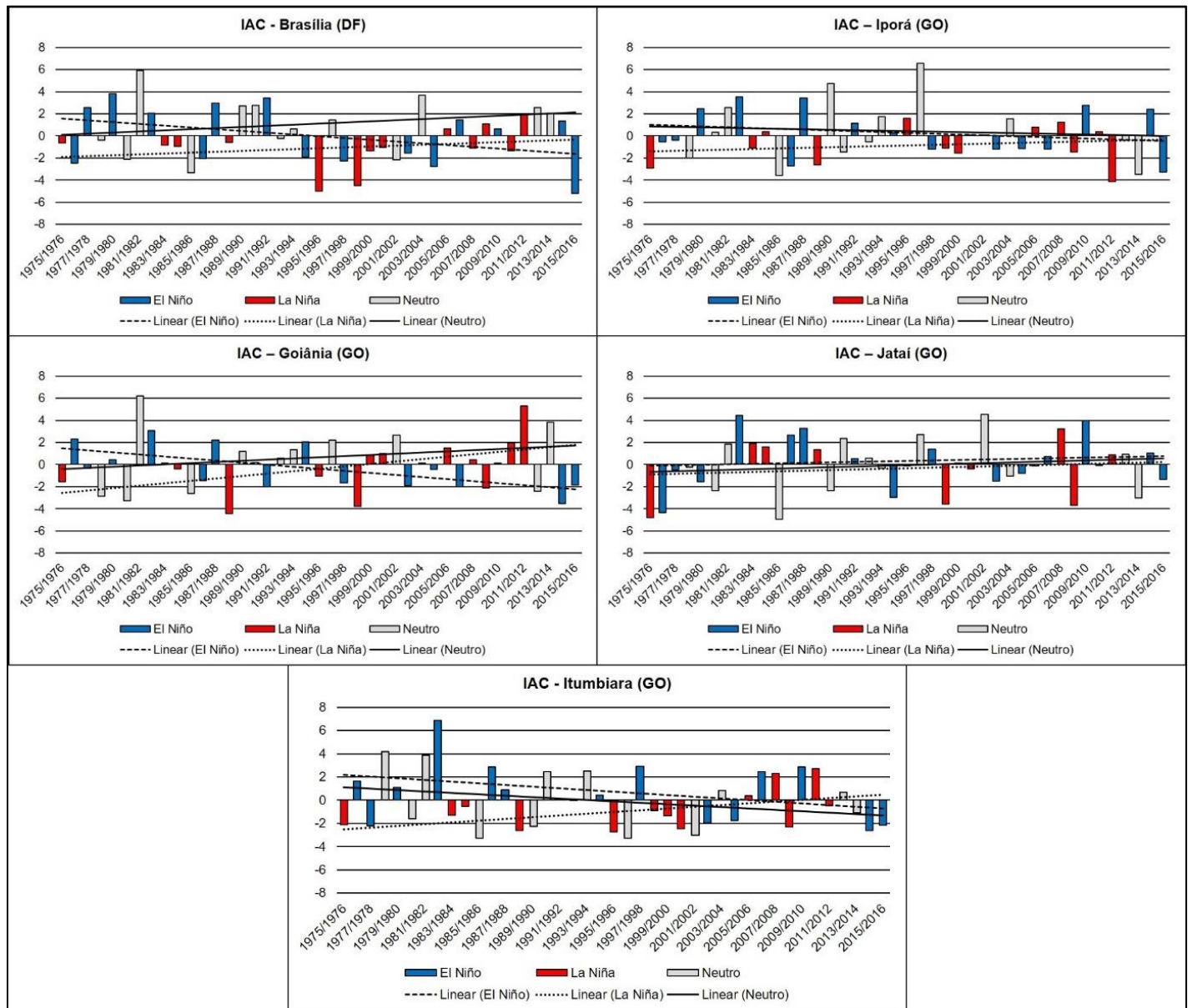


Figura 5 - Distribuição das anomalias dos totais de chuva dos anos hidrológicos em Brasília, Iporá, Goiânia, Jataí e Itumbiara

Fonte: O autor (2021)

Na região de Jataí, a maior anomalia positiva de chuva (4,4) foi encontrada no ano de 1982/1983 (El Niño muito forte) e o ano mais seco foi no ano neutro de 1985/1986, que registrou uma anomalia negativa de -4,9 seguido pelo ano de 1975/1976 (La Niña Forte) com -4,7. Assim como em Jataí, na região de Itumbiara a maior anomalia positiva de chuva (6,8) foi registrada no ano de 1982/1983 e o ano mais seco também foi 1985/1986, que registrou uma anomalia de -3,2.

As linhas de tendência demonstraram que no decorrer dos anos de El Niño da série histórica analisada houve aumento no número de anomalias negativas em Goiânia e Itumbiara e uma relativa estabilidade em Jataí. Por sua vez, entre os anos de La Niña houve uma elevação do número de anomalias positivas nas três regiões

supracitadas, ao passo que entre os anos neutros houve aumento de anomalias positivas em Goiânia, de anomalias negativas em Itumbiara e nenhum padrão em Jataí.

Em síntese, pode-se afirmar que no decorrer da fase quente da ODP (1977 – 1998) houve maior frequência de anomalias positivas registradas em anos de El Niño e neutros, condicionando tal período uma maior ocorrência de anos classificados como muito chuvosos e extremamente chuvosos, como foi o caso do El Niño fraco de 1979/1980, classificado como ano extremamente chuvoso em Porangatu, Alto Paraíso de Goiás, Flores de Goiás e Britânia, e muito chuvoso em Brasília e Iporá.

No entanto, durante a fase fria da ODP (1947 a 1976), anos de El Niño passaram a apresentar anomalias negativas mais extremas e foram classificados como muito seco e extremamente seco, como por exemplo o El Niño muito forte de 2015/2016, classificado como um ano muito seco em Porangatu, Flores de Goiás, Britânia e Iporá, e extremamente seco em Alto Paraíso de Goiás e Brasília.

A maior parte dos eventos de La Niña contribuiu para anomalias negativas de chuva, em que os anos de 1983/1984, 1988/1989 e 1995/1996 variaram entre muito seco e extremamente secos nas regiões pluviométricas. Apenas nas regiões de Porangatu, Flores de Goiás e Britânia foi registrado um ano de La Niña classificado como muito chuvoso, o ano de 1983/1984.

Na nova fase fria da ODP observa-se que os La Niñas de 1999/2000 e 2005/2006 foram classificados como muito chuvoso e extremamente chuvoso. Entretanto, também houve registros de anos de La Niña extremamente seco como 1998/1999, 2000/2001, 2007/2008 e 2011/2012.

Os anos neutros foram mais frequentes durante a fase quente da ODP e, em sua maioria, registraram anomalias positivas de chuva e foram classificados como anos muito chuvosos e extremamente chuvosos. Durante a fase fria da ODP houve uma redução no número de anos neutros e apenas o ano de 2012/2013 foi classificado como extremamente seco na região de Porangatu e muito seco nas regiões de Alto Paraíso de Goiás, Flores de Goiás, Britânia e Iporá.

Ao definir o coeficiente de determinação (R^2) para as linhas de tendência, ficou demonstrado que houve moderada significância para aumento das anomalias negativas no decorrer dos eventos de El Niño em Alto Paraíso de Goiás ($R^2 = 0,4262$) e Flores de Goiás ($R^2 = 0,4114$). Nas demais regiões, os valores de coeficiente foram inferiores, demonstrando uma fraca ou nula correlação da variação das anomalias de chuva ao longo da série histórica. (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficiente de determinação (R^2) das linhas de tendência entre as ocorrências das anomalias de chuva ao longo da série histórica (1975/1976 – 2015/2016)

Região Pluviométrica	R^2 El Niño	R^2 La Niña	R^2 Neutro
Porangatu	0,2077	0,0073	0,3147
Alto Paraíso de Goiás	0,4262	0,1687	0,0238
Flores de Goiás	0,4114	0,0003	0,2411
Britânia	0,2456	0,1285	0,0905
Brasília	0,1495	0,0532	0,0487
Iporá	0,0481	0,0304	0,0071
Goiânia	0,3873	0,2433	0,0462
Jataí	0,0126	0,018	0,0163
Itumbiara	0,1292	0,2366	0,0695

Fonte: O autor (2021)

Baseado nos resultados apresentados, por meio da análise do IAC dos totais de chuva dos anos hidrológicos, foi demonstrado que há influência do ENOS, da ODP e suas associações na variabilidade anual das chuvas em Goiás e Distrito Federal, pois durante a fase quente da ODP a maior parte dos anos muito chuvosos e extremamente chuvosos estiveram sob atuação do El Niño ou em anos neutros, como é o caso dos anos de El Niño (1978/1979 e 1982/1983) e dos anos neutros (1981/1982, 1985/1986, 1996/1997). Entretanto, durante a fase fria houve menor quantidade de anos muito chuvosos e extremamente chuvosos em todas as regiões pluviométricas das áreas de estudo.

Esse resultado corrobora com os resultados apresentados por Molion (2008) que, ao estudar as influências da ODP na precipitação pluviométrica na América do Sul, identificou redução do volume de chuva na região central da América do Sul durante a fase fria da ODP.

Neste estudo, Molion (2008) apontou o início de uma nova fase fria da ODP a partir de 1999 e, portanto, possibilidade de haver reduções no volume de chuva e nas vazões dos rios, algo constatado para o estado de Goiás e Distrito Federal entre 1998/1999 a 2015/2016.

Ao estudarem a variabilidade das chuvas anuais em Goiânia-GO e sua relação com a fase fria (1946 – 1976) e quente (1977 – 1998) da ODP, Sousa et al. (2010) detectaram redução nos totais anuais de chuva durante a fase fria da ODP e elevação durante a fase quente. Este resultado corrobora a redução dos totais anuais de chuvas encontrada no presente estudo para Goiânia, entre os anos de 1998/1999 a 2015/2016 (período de uma nova fase fria da ODP), expressa pela maior frequência de anomalias negativas do IAC abaixo de -2,0.

Essas condições também foram verificadas para outras regiões do Brasil por vários pesquisadores, como Moraes e Nery (2014), para Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Paraíba do Sul; Sanches, Verdum e Fisch (2014), para Alegrete-RS; Jorge (2015), para a região sul do Brasil, e; Foli e Costa (2016), para

Ituiutaba-MG. As mesmas associações também foram constatadas em outras regiões do mundo, conforme visto em Casemiro e Espinoza (2014), para o Perú; Trejo et al. (2016), para a Venezuela; Wei et al. (2017), na região de Beijing-Tianjin, na China, e; Tangang et al. (2017), para a Malásia.

O fato dos resultados do IAC terem demonstrado que eventos de El Niño, durante a fase quente da ODP, foram classificados como muito chuvosos e extremamente chuvosos na área de estudo, confirmaram a afirmação de Kayano e Andreoli (2009) de que os eventos de El Niño são potencializados durante a fase quente da ODP e podem responder por volumes de chuva acima da normalidade. No entanto, cabe ressaltar que anos neutros também se apresentaram como muito chuvosos e extremamente chuvosos durante essa fase da ODP. Em contrapartida, durante a fase fria da ODP houve maior frequência de anos de El Niño classificados como muito seco e extremamente seco. Esse fato indica que a associação entre El Niño e fase fria da ODP condiciona maior frequência de anomalias negativas de chuva.

Importante destacar ainda que os resultados do IAC encontrados para Goiás e o Distrito Federal no presente trabalho divergem daqueles apontados por Nobrega e Santiago (2014), para o estado de Pernambuco; Costa e Silva (2017), para o estado do Ceará, e; Almeida e Medeiros (2017), para as mesorregiões paraibanas. Reforçando a diferença regional existente no Brasil com relação a participação do ENOS e da ODP na variação dos volumes e regimes de precipitação.

IV. CONCLUSÕES

Tendo em vista os objetivos do trabalho, convém mencionar como adequados os procedimentos metodológicos, especialmente com relação a pertinência do uso do índice de anomalia de chuvas para se avaliar a influência do ENOS e da ODP na variabilidade dos volumes anuais de precipitação.

Com base nos resultados, discussões e explicações apresentadas na pesquisa, é possível apontar a seguinte participação do ENOS e ODP na variabilidade das chuvas em Goiás e no Distrito Federal:

- a) Nas condições de neutralidade, a maioria dos anos apresentou anomalias positivas de chuva, com intensidade variando de muito chuvosos e extremamente chuvosos. Também foi possível identificar que houve redução do número de anos neutros durante a fase fria da ODP;
- b) Em condições de El Niño, houve maior número de anomalias positivas de chuva com intensidade variando entre muito chuvoso e extremamente chuvoso durante na fase quente da ODP. Na fase fria da ODP, houve maior frequência de anomalias negativas de intensidade muito seco e extremamente seco;

- c) Nos anos hidrológicos que estiveram sobre o domínio da La Niña, foi registrado maior número de anomalias negativas de chuva em ambas as fases da ODP. No entanto, cabe ressaltar que durante a fase fria da ODP houve maior número de eventos de La Niña.

Neste sentido, convém apontar como relevante o aprofundamento da investigação acerca da participação do ENOS e da ODP nas chuvas em Goiás e Distrito Federal, mediante estudos verticalizados e, sobremaneira, que avaliem a variabilidade das chuvas durante tais fenômenos em uma menor escala temporal, pelo menos diária, talvez mediante o emprego de recortes amostrais de anos-padrão do regime habitual e excepcional (seco e chuvoso).

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio financeiro durante a execução dessa pesquisa.

V. REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. de. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) á Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: Revista GENOMOS, nº 6, v.02, p. 17-22, 1998. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11466>>. Acesso em: 23 jun 2021.
- ALMEIDA, H. A de. e MEDEIROS, E. A. Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com fenômeno El Niño Oscilação Sul. In: Journal of Environmental Analysis na Progress, v. 02, nº. 03, p. 177-185, 2017. Disponível em: <<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1340/1379>>. Acesso em: 28 jun 2021.
- 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/11449/101431>>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS: Editora da UFRGS, 2003.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre-RS. ABRH, 2000.
- BISHOP, R. Chaos. IN: Edward N. Zalta (ed.). The Stanford Encyclopedia of Philosophy. SPRING, 2008. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/chaos/>>. Acesso em 14 de março de 2022.
- CASIMIRO, W. L. e ESPINOZA, J. C. Impactos de El Niño y La Niña em la lluvias del Perú (1965-2007). In: Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, n. 02, p. 171-182, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862014000200003>. Acesso em: 22 ago 2021.
- 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-SP: Oficina de textos, 2013.

CHECHI, L. e SANCHES, F. de O. O Uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na Avaliação do Fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. In: Revista Brasileira de Geografia Física, v. 06, p. 1586-1597, 2013. Disponível em: < <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232940/26912>>. Acesso em: 14 out. 2021.

COSTA, J. A.; SILVA, D. F. da. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. In: Revista Brasileira de Geografia Física. v.10, n. 04, p. (1002-1013), 2017. Disponível em: < <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234026>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

ENRIQUEZ, O.; GUSMÁN, A.; NARVÁES, G. Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y L Niña. In: Revista Colombiana de Geografía, v. 23, n. 01, p. 165-178, 2014. Disponível em: < <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/41090>>. Acesso em: 22 ago 2021.

FOLI, A. C. A.; COSTA, R. A. Variabilidade pluviométrica associada ao fenômeno El Niño em área do cerrado mineiro: Ituiutaba (MG). In: Anais. XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Goiânia-GO, p. 2301-2311, 2016. Disponível em: [http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_5/trabalho%20\(13\).pdf](http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_5/trabalho%20(13).pdf)>. Acesso em: 04 out. 2021.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. 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-SP: Oficina de textos, 2009.

GROSS, J. A. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) dos municípios do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens no período de 1991 a 2012. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências da UFSM. UFSM, 2015. Disponível em: < <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/9434/GROSS%2C%20JOCELI%20AUGUSTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2021. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=521020>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

IMB. Instituto Mauro Borges. Perfil dos Municípios Goianos 2019. Disponível em: < <http://www.imb.go.gov.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

JORGE, Felipe Vanhoni. A dinâmica pluvial do Clima Subtropical: variabilidade e tendência no Sul do Brasil. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Curitiba-PR, 2015. Disponível em: < <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/45152>>. Acesso em: 16 mai 2020.

KAYANO, M. T. e 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-SP: Oficina de textos, 2009.

MANTUA, N. J.; HARE, S. R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J. M.; FRANCIS, R. C. A Pacific interdecadal climate oscillation wuth impacts on samon production. In: Bulletin of the American Meteorological Society, v. 78, 1997. Disponível em: < [file:///C:/Users/washi/OneDrive/Área%20de%20Trabalho/ODP/MANTUA%20\(1997\).pdf](file:///C:/Users/washi/OneDrive/Área%20de%20Trabalho/ODP/MANTUA%20(1997).pdf)>. Acesso em: 21 jun 2020.

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: 05 fev. 2021.

- 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. 2021.
- MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.
- MOLION, L. C. B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. In: Revista Climanalise, nº01, 2005. Disponível em: < http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/Artigo_Aquecimento_0805.pdf>. Acesso em: 18 jun 2021.
- MOLION, L. C. B. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. In: Revista Brasileira de Climatologia, v. 03, 2008. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25438/17058>>. Acesso em: 02 fev 2021.
- MONTEIRO, C. A. F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. Revista Brasileira de Geografia. v. 13, n. 1, p. 3-46, jan-mar 1951.
- 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). In: Revista Brasileira de Climatologia. v. 14, 264-274, 2014. Disponível em: < <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36536>>. Acesso em: 20 nov 2020.
- 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, 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 2021.
- 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 2021.
- NIMER, Edmon. Região centro-oeste. In: _____ 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 2021.
- NÓBREGA R. S. e SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico na variabilidade de precipitação em Pernambuco. In: Revista Mercator – Fortaleza-CE, v. 13, p. 107-118. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v13n1/1676-8329-mercator-13-01-0107.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2021.
- NOVAIS, G. T.; FARIAS, S. E. M. de. Caracterização climática do cerrado. IN: NASCIMENTO, D. T. F.; MARTINS, A. P.; LUIZ, G. C.; LOPES, R. M. Climatologia do Cerrado. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2021. Cap. 9, P. 232-262. Disponível em: <https://editoraalfa.com.br/pages/climatologia-do-cerrado>

QUADROS, M. F. L. Estudo de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994. 94f. 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.

R CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. Vienna: U Foundation for Statistical Computing. 2018.

SANCHES, F. de O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). In: Revista Caminhos de Geografia. v. 15, n. 51, Uberlândia, 2014. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26423>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SILVA, C. B. da.; CARPENEDO, C. B. Teleconexões no Cerrado brasileiro. IN: NASCIMENTO, D. T. F.; MARTINS, A. P.; LUIZ, G. C.; LOPES, R. M. Climatologia do Cerrado. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2021. Cap. 9, P. 232-262. Disponível em: <https://editoraalfa.com.br/pages/climatologia-do-cerrado>

SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos-padrão: uma contribuição à Climatologia geográfica. In: Revista Formação, UNESP – Presidente Prudente-SP, v.2, n. 20, p. 23-53, 2013. Disponível em: < <file:///C:/Users/WASHIN~1/AppData/Local/Temp/2360-8188-1-PB.pdf>>. Acesso em: 12 fev 2021.

SOUSA, A. J. de S.; FERREIRA, E. A.; SOUSA, J. R. A. de; ROLIM, P. A. M. A Oscilação Decadal do Pacífico e sua influência na precipitação de Goiânia-GO. In: Revista Brasileira de Meteorologia, 2010. Disponível em: < http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/673_12277.pdf> . Acesso em: 24 mar 2021.

TANGANG, F.; SALIMUM, E.; FARZANMANESH, R. Characteristics of precipitation extremes in Malaysia associated with El Niño and La Niña events. In: International Journal of Climatology. v. 37, n. 1, 2017. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.5032/epdf>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. Introdução à climatologia. São Paulo-SP: Cengage Learning. 2011

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. In: Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 04, 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: 07 jul 2021.

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. In: Atmosphere, v. 08, n. 83, p. 2-18, 2017. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2073-4433/8/5/83>>. Acesso em: 22 ago 2021.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. Climatologia Geográfica: teoria e prática. Campinas-SP: Alínea, 2013.