



## RITMO DA ESTAÇÃO CHUVOSA DAS BACIAS DO RIO TOCANTINS E RIO LONTRA

Vinicius Cirqueira dos Santos<sup>1</sup>

Roberta Araújo e Silva<sup>2</sup>

Girleene Figueiredo Maciel<sup>3</sup>

Pedro Paulo Jácome Ribeiro<sup>4</sup>

### Mudanças Climáticas

#### *Resumo*

As bacias do rio Lontra e rio Tocantins englobam os municípios mais populosos do estado do Tocantins, contando com uso e ocupação do solo grandemente destinados para atividades de pecuária, no caso da primeira bacia, e atividades de agricultura e geração de energia elétrica por usinas hidroelétricas, no caso da segunda bacia, todas essas diretamente condicionadas pela disponibilidade hídrica da qual o principal *input* é a precipitação pluviométrica, cuja ocorrência se dá majoritariamente durante a estação chuvosa. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo é identificar o início e o fim da estação chuvosa para as bacias hidrográficas do rio Lontra e rio Tocantins, bem como identificar as classes predominantes para esses parâmetros, através da utilização do método de quantis. Os resultados indicaram que a estação chuvosa se inicia, em média, no dia 26 de novembro na bacia do Tocantins e no dia 29 de novembro na bacia do rio Lontra, sendo predominante para as séries analisadas inícios da estação chuvosa que ocorreram dentro do esperado para as regiões. Referente ao final da estação chuvosa, esse ocorre – em média – no dia 12 de maio na bacia do rio Tocantins e no dia 22 de maio na bacia do rio Lontra, sendo predominante para as duas bacias finais da estação chuvosa que ocorreram precocemente. Os resultados indicam que a estação chuvosa nessas áreas está finalizando mais cedo. Conseqüentemente a estação seca está começando mais cedo e está mais longa, configurando-se como uma possível assinatura de mudança climática.

**Palavras-chave:** bacia-hidrográfica, precipitação, Tocantins.

---

<sup>1</sup>Aluno do curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Meteorologia e Climatologia, [vinicius.cirqueira@mail.uft.edu.br](mailto:vinicius.cirqueira@mail.uft.edu.br)

<sup>2</sup>Pesquisadora, Doutora em Meteorologia, Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Meteorologia e Climatologia, [roberta.as@uft.edu.br](mailto:roberta.as@uft.edu.br)

<sup>3</sup>Professor, Doutor em Recursos Naturais, Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Meteorologia e Climatologia, [maciel@mail.uft.edu.br](mailto:maciel@mail.uft.edu.br)

<sup>4</sup>Aluno do curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Meteorologia e Climatologia, [pedro.jacome@mail.uft.edu.br](mailto:pedro.jacome@mail.uft.edu.br)



## INTRODUÇÃO

A precipitação condiciona e regula a variabilidade do volume hídrico dos rios, interferindo na disponibilidade e demanda hídrica (SILVA e FERREIRA, 2011). O diagnóstico climático de uma bacia hidrográfica é importante, principalmente para aquelas bacias que passaram por intensas modificações em seus padrões biofísicos. Nessa condição, os elementos climáticos passam a interagir de maneira mais direta com a superfície, podendo aumentar a frequência de eventos extremos de precipitação e períodos de estiagem (veranicos), modificando o regime das chuvas.

Complementarmente, de acordo com Costa, Botta e Cardille (2003) os mais prováveis fatores de modificações de vazão a longo prazo em uma bacia hidrográfica são variabilidade da precipitação e as mudanças no uso e cobertura do solo à montante.

A bacia do rio Lontra, localizada na região norte do estado do Tocantins, conta com uma área de drenagem de 3.848,20 km<sup>2</sup>, estando situada no sistema hidrográfico Tocantins/Araguaia. Essa bacia vem sofrendo com: desmatamento para a formação de pastagens, para alimentar gados de corte; falta de saneamento básico; e a construção de casas em áreas de mata ciliar (SILVA et al., 2021).

A bacia do rio Tocantins, uma das duas principais bacias hidrográficas do estado, está presente em toda a extensão central do território tocantinense e vem sofrendo diversas modificações quanto ao uso e ocupação do solo durante os últimos anos, principalmente quanto à conversão de áreas naturais para utilização para agricultura, uma vez que o estado do Tocantins é um dos integrantes da região denominada MATOPIBA - a mais nova fronteira agrícola brasileira, e ocupação urbana, embora essa última ainda em pequena proporção dada as dimensões da bacia (COSTA, BOTTA E CARDILLE, 2003; BOLFE et al., 2016).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a bacia hidrográfica do rio Tocantins conta, também, com sete usinas hidrelétricas instaladas por toda a sua extensão. Em território tocantinense encontram-se instaladas três UHEs, sendo elas: UHE São Salvador, UHE Peixe Angical (essa com reservatório) e UHE Lajeado.

Realização



Butt, Oliveira e Costa (2011), ao analisarem a precipitação das áreas desmatadas de Rondônia, verificaram que o início da estação chuvosa está atrasando e atribuíram às mudanças do uso da terra. Salazar et al. (2016), ao avaliarem os impactos do desmatamento sobre o clima para os diferentes biomas da América do Sul, também sugerem que o uso e ocupação do solo é o responsável pela diminuição do total de precipitação no bioma do Cerrado, a partir de 1970. Segundo Campos e Chaves (2020) a redução da precipitação observada no Cerrado tem forte relação com o desmatamento, pois a substituição da vegetação nativa provoca mudanças no balanço de energia e componentes do ciclo hidrológico local. Santos, Silva e Maciel (2023) verificaram para Palmas, Tocantins, diminuição da duração da estação chuvosa.

Diante da importância econômica, social e ambiental das bacias para os municípios de Araguaína e Porto Nacional, nesta pesquisa objetiva-se demarcar o início e o fim da estação chuvosa para as respectivas áreas, bem como identificar a possível predominância de classes para esses parâmetros.

## METODOLOGIA

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DADOS UTILIZADOS

A bacia hidrográfica do rio Tocantins (BHRT) engloba uma área de 57.032,20 km<sup>2</sup> no estado do Tocantins, abrangendo em sua extensão 76 municípios tocaninenses incluindo a capital do estado – Palmas (SEPLAN, 2012). Está presente em toda a extensão central do estado, estando majoritariamente presente no bioma Cerrado e possuindo classificação climática em grande parte de seu território, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite, C2wA'a'- clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica, caracterizado pela presença de dois períodos bem definidos: a estação chuvosa e a estação seca.

Complementarmente, a bacia Hidrográfica do rio Lontra (BHRL), sub-bacia do rio Araguaia, conta com uma área de 3.848,20 km<sup>2</sup> abrangendo parcialmente 8 municípios estando localizada no norte do estado do Tocantins. De acordo com Almeida et al. (2017), embora esteja inserida no bioma do Cerrado, considera-se uma região de ecótono com o

Realização



bioma Amazônico, dado que – dentre outros aspectos, a precipitação anual é ligeiramente superior à média registrada no bioma Cerrado. Conforme Almeida et al. (2017), a classificação climática de Thornthwaite para a região é do tipo B1wA'a' - clima úmido com vegetação típica de floresta tropical e moderada deficiência hídrica no inverno

Posto isto, para realização do presente estudo foram utilizados dados de precipitação diários provenientes de duas estações meteorológicas convencionais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), uma instalada no município de Araguaína – código 82659, localizada nas coordenadas geográficas 7° 6' 14.000" de latitude sul e 48° 12' 5.000" de longitude oeste de Greenwich, estando inserida na bacia do rio Lontra, e uma instalada no município de Porto Nacional – código 83064, localizada nas coordenadas geográficas 10° 42' 39.00" de latitude sul e 48° 24' 23.00" de longitude oeste de Greenwich, estando inserida na bacia do rio Tocantins, conforme Figura 1.

O município de Araguaína vem se destacando no cenário de pecuária do estado do Tocantins, sendo, de acordo com o último censo agropecuário realizado até o presente momento (IBGE, 2019), o terceiro maior detentor de cabeças bovinas no estado. Dentro desse cenário, o município conta também com o Distrito Agroindustrial de Araguaína (DAIARA) contendo indústrias e 3 frigoríficos de referência nacional: Bertin. Minerva e Boi Forte (França e Costa, 2016). Araguaína é, também, a segunda maior cidade populosa do estado, contando com 171.301 habitantes (IBGE, 2023).

Porto Nacional, sendo a quarta cidade mais populosa do Tocantins com 64.418 habitantes (IBGE, 2023), ocupa posição de destaque no cenário de produção de grãos do estado, notadamente milho e soja – as culturas mais cultivadas na região, sendo a terceira maior produtora de soja e milho em grãos no estado (IBGE, 2019).

Realização

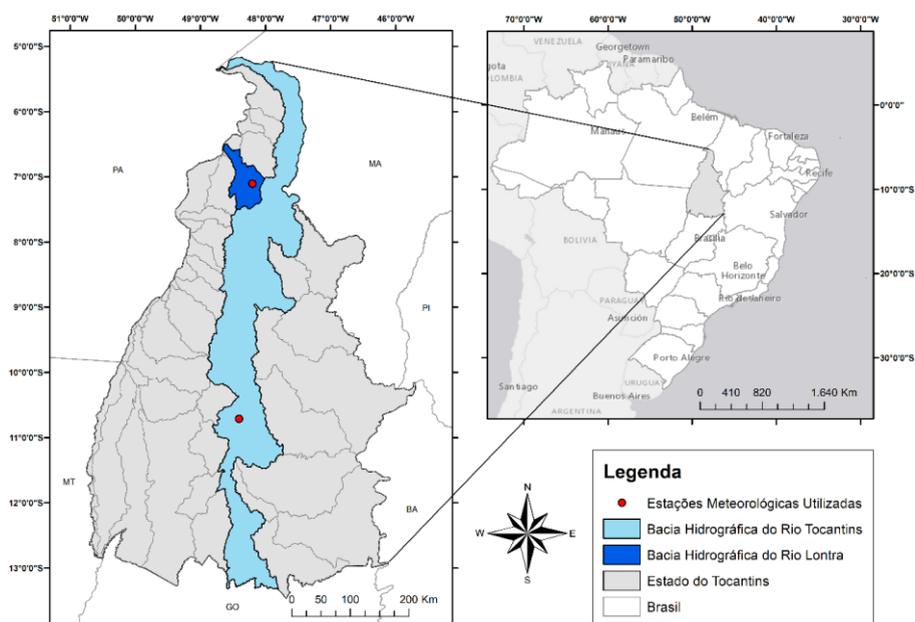


Figura 1. Localização das Bacias Hidrográficas analisadas.

Fonte: Adaptado de SEPLAN (2012); IBGE (2023); INMET (2023)

Os dados obtidos foram posteriormente organizados e tratados em planilhas utilizando o software Microsoft Office Excel. Para realização dos cálculos de caracterização da estação chuvosa e de cálculos para detecção de tendências utilizou-se o mesmo software. Como mecanismo de filtragem de dados, optou-se por utilizar o critério proposto por Teixeira (2010), eliminando intervalos anuais que apresentam  $\geq 10\%$  de falhas, contínuas ou não, durante o período médio compreendido pela estação chuvosa para o bioma da região.

## CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA

A definição da data do início da estação chuvosa (IEC) foi obtida através do critério proposto por Sansigolo (1989), considerando a primeira data após determinada data específica, em que ocorreu 20 mm de chuva em dois dias consecutivos, desde que não ocorra períodos secos superiores a sete dias durante os 30 dias subsequentes. Como as bacias hidrográficas estão inseridas, em grande parte, dentro do bioma de Cerrado, apresentam como característica a concentração das chuvas no verão do hemisfério Sul.

Realização



A data do fim da estação chuvosa (FEC) considera o primeiro dia após a data de 1ª de março, de uma sequência igual a 15 dias sem chuva. Essa data foi escolhida por ser a mais provável para regiões em que a estação chuvosa se concentra no verão.

## CLASSIFICAÇÃO DO IEC E FEC

Obtidos os valores de IEC e FEC, e suas respectivas médias, foram posteriormente classificados de acordo com a metodologia proposta por Minuzzi et al. (2007). O método utiliza-se da técnica dos quantis ( $Q_p$ ), nas ordens 0,15, 0,35, 0,65 e 0,85, para classificação dos eventos em muito precoce, precoce, normal, tardio e muito tardio – nessa ordem, para cada evento climático  $i$ , conforme Quadro 1.

Quadro 1. Classificações referentes ao IEC e FEC

Classificação	Ordem (quantil)
Muito Precoce	$X_i \leq Q_{0,15}$
Precoce	$Q_{0,15} < X_i \leq Q_{0,35}$
Normal	$Q_{0,35} < X_i \leq Q_{0,65}$
Tardio	$Q_{0,65} < X_i \leq Q_{0,85}$
Muito Tardio	$X_i \geq Q_{0,85}$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicando-se o método para filtragem de dados, o período analisado para Araguaína foi de 1984–2021, totalizando 38 anos, uma vez que não foram verificadas falhas expressivas na série. Referente à Porto Nacional, o período analisado foi de 1961-1969, 1971-1989 e 1997-2021, totalizando 53 anos.

O início da estação chuvosa em Araguaína ocorre, em média, no dia 29 de novembro (dia juliano 333), enquanto em Porto Nacional ocorre, em média, no dia 26 de novembro (dia juliano 330). Tais resultados demonstram proximidade entre o início do período chuvoso para ambas as cidades, uma vez que se verificou diferença de apenas três dias embora estejam geograficamente distantes entre si.

O início da estação chuvosa em cada ano analisado para cada série é visível na



Figura 2.

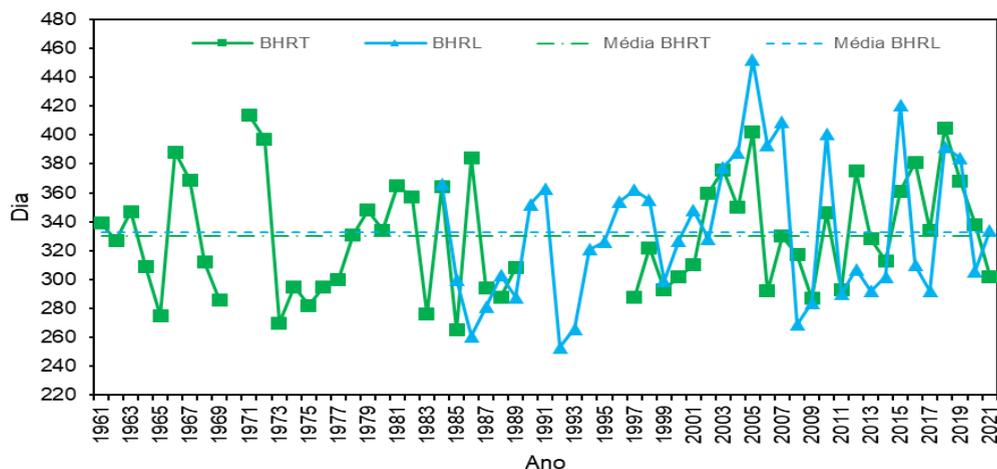


Figura 2. Séries de IEC para BHRT e BHRL, para os períodos analisados.

Referente à classificação do IEC para cada ano em relação à respectiva média, Figura 3, foram verificados para Araguaína seis anos na qual o início da estação chuvosa foi muito precoce (1986, 1987, 1992, 1993, 2008 e 2009), sete anos na qual o IEC foi precoce (1985, 1989, 1999, 2011, 2013, 2014 e 2017), 12 anos na qual o início da EC ocorreu dentro do esperado para a série (1988, 1990, 1994, 1995, 1996, 2000, 2001, 2002, 2012, 2016, 2020 e 2021), sete anos na qual o IEC foi tardio (1984, 1991, 1997, 1998, 2003, 2004 e 2019) e, seis anos na qual o início da estação chuvosa se deu em período muito tardio (2005, 2006, 2007, 2010, 2015 e 2018). Dessa forma foi verificada maior predominância de estações chuvosas que se iniciaram dentro do esperado para a região para todo o período analisado.

Quanto à classificação do IEC, para Porto Nacional verificou-se nove anos na qual a estação da chuvosa se iniciou em período muito precoce (1965, 1969, 1973, 1975, 1983, 1985, 1988, 1997 e 2009), dez anos na qual o IEC foi precoce (1974, 1976, 1977, 1987, 1989, 1999, 2000, 2006, 2011 e 2021), 15 anos na qual o início da EC ocorreu dentro do esperado para a série (1961, 1962, 1964, 1968, 1978, 1980, 1998, 2001, 2007, 2008, 2010, 2013, 2014, 2017, 2020), 11 anos na qual o início da EC se deu em período tardio (1963, 1967, 1979, 1981, 1982, 1984, 2002, 2004, 2012, 2015 e 2019) e oito anos na qual o início da estação chuvosa se deu em período muito tardio (1966, 1971, 1972, 1986, 2003, 2005,

2016 e 2018), verificando-se – dessa maneira, maior predominância de estações chuvosas que iniciaram-se dentro do esperado para a região para todo o período analisado.

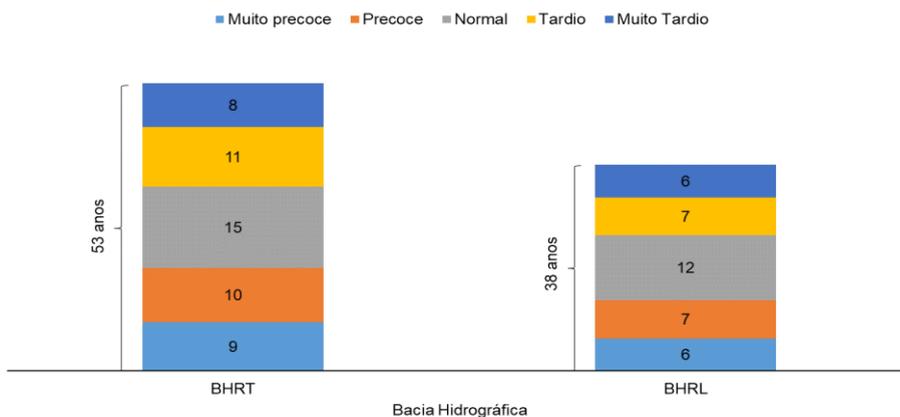
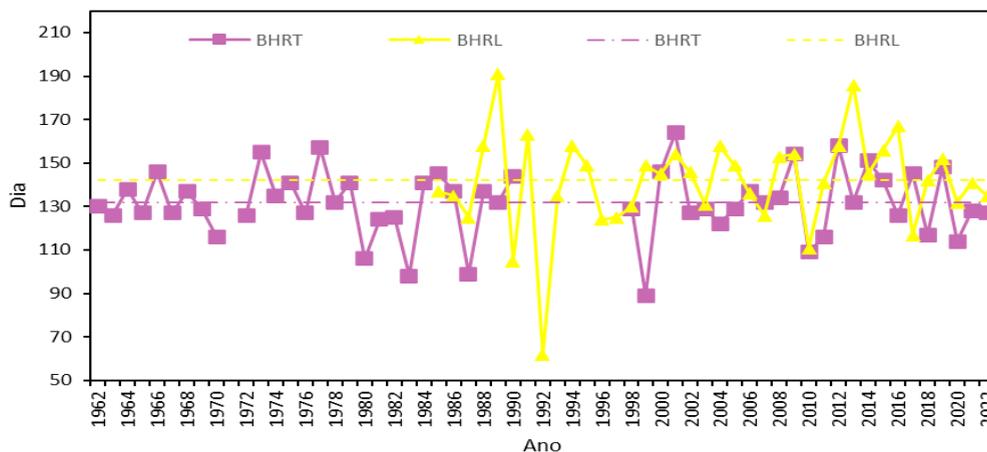


Figura 3. Classes de IECs para BHRT e BHRL, para os períodos analisados.

Se agrupado em somente três grupos: IEC precoce (englobando precoce e muito precoce), IEC normal e IEC tardio (englobando tardio e muito tardio); verifica-se maior predominâncias de eventos dessemelhantes à classe normal, mas que se igualam, em termos de ocorrência, entre si.

O fim da estação chuvosa, em média, ocorre no dia 22 de maio (dia juliano 142) para o município de Araguaína, enquanto para Porto Nacional, o FEC ocorre em média no dia 12 de maio (dia juliano 132), demonstrando – dessa forma - uma diferença de dez dias entre os respectivos FECs.

O FEC para ano analisado, para cada série, é visível na Figura 4.



Realização



Figura 4. Séries de FEC para BHRT e BHRL, para os períodos analisados.

Quanto à classificação do FEC para cada ano, Figura 5, foram verificados para Araguaína sete anos na qual o fim da estação chuvosa se deu em período muito precoce (1987, 1990, 1992, 1996, 1997, 2010 e 2017), sete anos em que a EC terminou em período precoce (1986, 1993, 1998, 2003, 2007, 2020 e 2022), 11 anos na qual o fim da estação chuvosa ocorreu dentro do período esperado (1985, 1995, 1999, 2000, 2002, 2005, 2006, 2011, 2014, 2018 e 2021), nove anos na qual o FEC foi tardio (1988, 1994, 2001, 2004, 2008, 2009, 2012, 2015 e 2019) e, quatro anos na qual o fim da estação chuvosa se deu em período muito tardio (1989, 1991, 2013 e 2016), sendo os anos citados referentes à EC do ano anterior.

Desse modo, se agrupado em três grupos, verifica-se maior predominância de anos na qual o FEC ocorreu em período precoce, totalizando 14 eventos. Referente aos anos na qual o FEC ocorreu em período tardio, verifica-se um total de 13 eventos, seguido pelo número de eventos na qual a EC finalizou dentro do esperado para a série, 11.

Para Porto Nacional, foram verificados oito anos da qual o fim da estação chuvosa ocorreu em período muito precoce (1970, 1980, 1983, 1987, 1999, 2010, 2011 e 2020), 12 anos em que o fim da EC se deu em período precoce (1963, 1965, 1967, 1972, 1976, 1982, 1982, 2002, 2004, 2016, 2018 e 2022), 16 anos na qual o fim da estação chuvosa ocorreu dentro do período esperado (2062, 1968, 1969, 1974, 1978, 1986, 1988, 1989, 1998, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2013 e 2021), 10 anos na qual o FEC foi tardio (1964, 1966, 1975, 1979, 1984, 1985, 1990, 2000, 2015 e 2017) e, sete anos na qual o fim da estação chuvosa se deu em período muito tardio (1973, 1977, 2001, 2009, 2012, 2014 e 2019)

Nota-se, para toda a série predominância de FECs que ocorreram em período normal, todavia se classificado em três grupos (precoce, normal e tardio) é possível observar maior dominância de finais das estações chuvosas em período precoce, totalizando 20 eventos, seguido por finais tardios, totalizando 17 eventos.

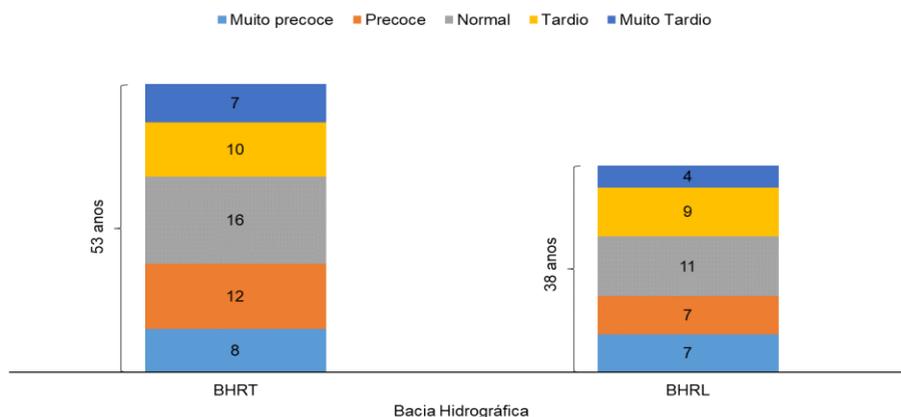


Figura 5. Classes de FECs para BHRT e BHRL, para os períodos analisados.

Ressalta-se que a predominância de eventos de fins precoces das estações chuvosas, para as duas regiões, pode ser um indicativo de mudança climática. Uma vez que a estação chuvosa finaliza mais cedo, diretamente, se há o aumento da estação seca na região – período no qual se dá a maior ocorrência de queimadas no cerrado que, além da propiciarem condições adversas à saúde humana e a fauna em geral, ameaçam o solo, uma vez que ele fica desnudo e exposto à ação da precipitação (ROCHA e NASCIMENTO, 2021). Como consequência se há o aumento de atividades erosivas e, seguidamente, assoreamento de cursos d’água, possibilitando – dessa forma – o aumento da exposição de comunidades vulneráveis, por vezes residentes em áreas de preservação permanente, como apontado por (SILVA et al., 2021), à eventos de alagamentos.

Os resultados observados seguem as mesmas tendências observadas para municípios inseridos nos biomas cerrado e amazônico quanto à mudança no padrão de distribuição da precipitação e – consequentemente – a disponibilidade hídrica, sendo essas mudanças relacionadas ao desmatamento nessas regiões por atividades agropecuárias, (BUTT, OLIVEIRA e COSTA, 2011; CAMPOS e CHAVES, 2020).

## CONCLUSÕES

A estação chuvosa na bacia hidrográfica do rio Tocantins inicia-se, em média, no dia 26 de novembro, finalizando – em média – no dia 12 de maio, enquanto na bacia

Realização



hidrográfica do rio Lontra o início da estação chuvosa ocorre, em média, no dia 29 de novembro, finalizando – em média – no dia 22 de maio.

Para a bacia hidrográfica do rio Tocantins verifica-se maior presença de IECs que ocorreram na condição normal para a região, enquanto para os FECs foi verificada maior predominância da classe precoce, sendo um indicativo de que a EC na região está finalizando mais cedo e, conseqüentemente, de que estação seca está ampliando o seu período de ocorrência. Situação análoga foi verificada para a bacia hidrográfica do rio Lontra. Os resultados encontrados são um indicativo de um cenário de mudança climática nas áreas de estudo.

Ademais, recomenda-se a realização de estudo para essas regiões quanto à existência de tendências para o início e fim da estação chuvosa.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), possibilitou a realização do presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. N.; FIGUEROA, F. E. V.; MACIEL, G. F.; OLIVEIRA, R. M. Impacto da demanda para dessedentação do rebanho bovino na disponibilidade hídrica: o caso da bacia do Rio Lontra. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 14, n. 1, p. 86-97, 2017.

BOLFE, É. L.; VICTÓRIA, D. D. C.; CONTINI, E.; SILVA, G. B.; ARAUJO, L. S.; GOMES, D. Matopiba em crescimento agrícola Aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de política agrícola**, v. 25, n. 4, p. 38-62, 2016.

BUTT, N.; OLIVEIRA, P. A.; COSTA, M. H. Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 116, n. D11, 2011.

CAMPOS, J. O.; CHAVES, H. M. L. Tendências e Variabilidades nas Séries Históricas de Precipitação Mensal e Anual no Bioma Cerrado no Período 1977-2010. **Revista Brasileira de**

Realização



**Meteorologia**, v. 35, n. 01, 157-169, 2020.

COSTA, M. H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J. A. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. **Journal of hydrology**, v. 283, n. 1-4, p. 206-217, 2003.

FRANÇA, A. A. O.; COSTA, K. G. A Construção do Território Tocantinense por meio da Cartografia das Microrregiões. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, TO, ano 17, n. 08, p. 198-208, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, J. M. N.; VIANELLO, R. L. Influência da La Niña na estação chuvosa da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 345-353, 2007.

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 03, 1220-1235, 2021.

SALAZAR, A.; KATZFEY, J.; THATCHER, M.; SYKTUS, J.; WONG, K.; MCALPINE, C. Deforestation changes land-atmosphere interactions across South American biomes. **Global and Planetary Change**, v. 139, p. 97-108, 2016.

SANSIGOLO, A. S. Variabilidade Interanual da estação chuvosa em São Paulo. **Climanálise**, São Paulo, v. 9, p. 40-43, 1989.

SANTOS, V. C.; SILVA, R. A.; MACIEL, G. F. Avaliação de tendência do início, fim, duração e total de precipitação da estação chuvosa de Palmas – TO. **Desafios – Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 2, n. 1, p. 103-120, 2023.

SEPLAN – SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. **Base de Dados Geográficos do Tocantins – Atualização 2012**. 2012.

SILVA, M. M.; FERREIRA, V. O. Estação Chuvosa e Ocorrência de Veranicos em Araçaúá, Itamarandiba e Pedra Azul, na Porção Mineira da Bacia do Rio. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 5, p. 1068-1081, 2011.

SILVA, M. M. C.; ALMEIDA, P. C.; SILVA, R. F.; MENDES, M. F.; GUEDES, L. S. Dinâmica da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Lontra, Norte do Tocantins. **Revista Geoaraguaia**, v. 11, n. 02, p. 183-197, 2021.

TEIXEIRA, M. S. Caracterização física e dinâmica de episódios de chuvas intensas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Tese (Doutorado em Meteorologia)** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, p. 219, 2010.

Realização