



## Índice de anomalia de chuva (IAC) e sua relação com os desastres naturais no leste da Amazônia

Carlos Alberto Dias Pinto<sup>1</sup>, João de Athaydes Silva Júnior<sup>2</sup>, Alan Cavalcanti da Cunha<sup>3</sup>, José Francisco Berrêdo Reis da Silva<sup>4</sup>, Flávio Augusto Farias D'Oliveira<sup>5</sup>, Layse Holanda Sousa<sup>6</sup>, Antônio Carlos Lôla da Costa<sup>7</sup>, Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes<sup>8</sup>, Wander Luiz da Silva Ataíde<sup>9</sup>, Stelio Paulo Abreu da Silva<sup>10</sup>, Hernani José Brazão Rodrigues<sup>11</sup>, José Danilo da Costa Souza Filho<sup>12</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará (UFPA). CEP: 66075-110, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98464-9372, carlosdias87@gmail.com (autor correspondente). <sup>2</sup>Universidade Federal do Pará (UFPA). CEP: 66075-110, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98284-8486, athaydes@ufpa.br <sup>3</sup>Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), CEP: 68902-280, Macapá (AP), Brasil, Tel.: (+55 96) 99911-1134, alancunha12@gmail.com. <sup>4</sup>Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). CEP: 66077-830, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 99614-2829, berredo@museu-goeldi.br. <sup>5</sup>Universidade Federal do Pará (UFPA). CEP: 66075-110, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98218-4106, flaviodoliveira@gmail.com. <sup>6</sup>Instituto Federal do Pará (IFPA). CEP: 68371-441, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98443-6549, layse.sousa@ifpa.edu.br. <sup>7</sup>Universidade Federal do Pará (UFPA). CEP: 66075-110, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98722-9000, lola@ufpa.br. <sup>8</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). CEP: 66077-830, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98202-4347, garibalde13@gmail.com. <sup>9</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). CEP: 66077-830, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 99311-8782, wander\_luiz7@yahoo.com. <sup>10</sup>Embrapa Amazônia Oriental (EMBRAPA). CEP: 66095-903, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 99258-0333, stelio.silva@embrapa.br. <sup>11</sup>Universidade Federal do Pará (UFPA). CEP: 66075-110, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98890-2122, hernani@ufpa.br. <sup>12</sup>Universidade Federal do Pará (UFPA). CEP: 66075-110, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98156-9644, danilofilho@ufpa.br.

Artigo recebido em 22/12/2021 e aceito em 01/08/2022

### ABSTRACT

The present work makes a study on the Rainfall Anomaly Indexes (IAC) and their relationship with natural disasters in the city of Marabá in southeastern Pará, Eastern Amazon. Monthly average rainfall data from 1973 to 2017 in the city of Marabá were used, from the Brazilian Institute of Meteorology (INMET), basic information data regarding the Management of Risks and Natural Disasters in the Marabá region. These data were obtained through the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), and simulated precipitation data from the Coupled Climate Mode 3 climate model. Basic statistics were used, as well as the methodology of the IAC itself, which is an effective, direct methodology. It's simple. In this way, it was possible to obtain the indices of negative (dry) and positive (full) anomalies. The result of the indices was divided into three categories or intensities: Weak (FRA), Moderate (MOD) and Strong (STR). For the climatology of the region, March was the wettest month, and the driest month was August. The largest volume of rain was in March and in April the volumes of rain began to decrease, reaching a lower value in August, and in September the precipitating volumes began to increase. The wettest quarters are December, January and February (DJF) and March, April and May (MAM). The driest quarter was June, July and August (JJA), and in September, October and November (SON) rainfall volumes begin to increase. The occurrences of EL Niño and La Niña were totally related to the results found by the IAC. For in all years of EL Niño or La Niña occurrence, the presence of the FOR category was observed. The results showed that the most relevant events for the negative anomalies are found in the FRA and MOD categories, and these two categories were practically equivalent. And these results were not related to the risk and disaster management information of the studied place. For the positive anomalies, the results showed that the most relevant events are in the MOD category, indicating that the Marabá region is characterized by a rainy environment, and this characterization was fully related to the events of risk and disaster management that occurred in Marabá. It is worth mentioning that the future scenario found through the simulations proved to be an intensification of the current weather and climate patterns in the city of Marabá. And according to the news this year 2020, Marabá is already suffering from floods. In this way, the IAC is a great tool for climatological characterization and warning of possible risk areas.

Keywords: Amazon, Pará, Marabá, precipitation, IAC.

## Índice de anomalia de chuva (IAC) e sua relação com os desastres naturais no leste da Amazônia

### RESUMO

O presente trabalho faz um estudo sobre os Índices de Anomalia de Chuva (IAC) e suas relações com os desastres naturais na cidade de Marabá no sudeste do Pará, Amazônia Oriental. Foram usados dados de precipitação pluviométrica média mensal dos anos de 1973 a 2017 da cidade de Marabá, oriundos do Instituto Brasileiro de Meteorologia (INMET), dados

de informações básicas a respeito da Gestão de Riscos e Desastres Naturais da região de Marabá. Estes dados foram obtidos por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e dados simulados de precipitação do modelo climático Coupled Climate Mode 3. Utilizou-se estatística básica e também a metodologia do próprio IAC, que é uma metodologia eficaz, direta e simples. Desta forma, foi possível obter os índices de anomalias negativas (secas) e positivas (cheias). O resultado dos índices foi dividido em três categorias ou intensidades: Fraco (FRA), Moderado (MOD) e Forte (FOR). Para a climatologia da região, março indicou ser o mês mais chuvoso, e o mês mais seco ficou com agosto. O maior volume de chuva ficou com o mês de março e em abril os volumes de chuva começaram a diminuir, atingindo menor valor em agosto, e em setembro os volumes precipitantes começaram a aumentar. Os trimestres mais chuvosos são dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) e março, abril e maio (MAM). O trimestre mais seco ficou com junho, julho e agosto (JJA), e em setembro, outubro e novembro (SON) os volumes de chuva começam a aumentar. As ocorrências de EL Niño e La Niña tiveram total relação com os resultados encontrados pelo IAC. Pois em todos os anos de ocorrência de EL Niño ou La Niña, se observou a presença da categoria FOR. Os resultados mostraram que os eventos mais relevantes para as anomalias negativas, encontram-se na categoria FRA e MOD, sendo que estas duas categorias ficaram praticamente equivalentes. E estes resultados, não tiveram relação com as informações da gestão de risco e desastre do local estudado. Para as anomalias positivas, os resultados mostraram que os eventos mais relevantes, encontram-se na categoria MOD, indicando que a região de Marabá é caracterizada por um ambiente chuvoso, e esta caracterização teve total relação com os eventos da gestão de risco e desastre ocorridos em Marabá. Vale ressaltar que o cenário futuro encontrado por meio das simulações, comprovou ser uma intensificação dos atuais padrões de tempo e clima da cidade de Marabá. E de acordo com os noticiários deste ano de 2020, Marabá já está sofrendo com enchentes. Desta forma, o IAC é uma ótima ferramenta para caracterização climatológica e alerta de possíveis áreas de risco.

Palavras-chave: Amazônia, Pará, Marabá, precipitação, IAC.

## Introdução

De acordo com Costa (2003), a região Amazônica é conhecida por suas elevadas temperaturas do ar e elevadas quantidades de precipitações sazonais e anuais. O regime pluviométrico da Amazônia não é homogêneo, apresentando alta variabilidade espacial e temporal condicionadas à interação de diferentes mecanismos ou sistemas atmosféricos. A precipitação na Amazônia está ligada fortemente com os padrões oceano-atmosférico de grande escala, que interferem de maneira significativa na estação chuvosa da região (Madden; Julian, 1994; Philander, 1990; Ropelewski; Halpert, 1992).

Responsável pela presença de água no ciclo hidrológico, a precipitação é um dos principais elementos climáticos e está diretamente associada à disponibilidade hídrica de determinado local. Assim, a caracterização da precipitação, além de ser essencial à estimativa de um balanço hídrico, é variável fundamental no planejamento e zoneamento territorial, na gestão dos recursos hídricos, nos serviços públicos de saneamento básico e abastecimento de água, no setor elétrico e no agronegócio, dentre outros (Rocha et al, 2021).

A Amazônia abriga a maior bacia hidrográfica do globo, sendo que a variabilidade fluviométrica (períodos de enchente e vazante) é regulada primariamente pela variabilidade da precipitação pluviométrica (Rocha, 2001). Em outras palavras, a chuva é a principal entrada de água no sistema hidrológico da Amazônia (Santos, 2008).

Santos (2008) também observa que a maioria das cidades amazônicas situa-se às

margens dos rios, sendo que a ocorrência de secas meteorológicas/hidrológicas com eventos de vazante intensa nos rios proporciona grandes transtornos nas atividades de transporte fluvial, pesca e produção agrícola (agricultura familiar), com sérios impactos sociais e econômicos. Nos anos de 2005 e 2010 por exemplo, as vazões do rio Amazonas e seus tributários foram reduzidas a valores mínimos, isso afetou diretamente diversos municípios ribeirinhos, pois provocou carência de água potável e alimentos (Marengo et al., 2008; Marengo et al., 2011a).

Nos anos de 2009 e 2012, estes mesmos rios indicaram níveis máximos dos registros iniciados em 1903, desalojando milhares de pessoas em toda a região (Espinoza et al., 2013; Marengo et al., 2011b).

Entretanto, na região amazônica também apresenta regime de estiagem ou de seca, caracterizados pela ocorrência de deficiência pluviométrica, tanto durante os meses mais chuvosos (de Dezembro a Maio), como principalmente durante os meses menos chuvosos (de Junho a novembro) (Souza; Ambrizzi, 2003).

No Brasil, o estudo das secas é mais aprofundado para a região do Nordeste Brasileiro (Kucharski; Hastenrath, 2008; Moura; Shukla, 1981), sul-sudeste do Brasil (Blain; Bruninni, 2007; Cavalcanti; Souza; Kousky, 2001; Sansigolo, 2004), sendo que as investigações científicas nessa temática especificamente para a Amazônia ainda são relativamente recentes. Exceção foram os estudos de caso dos eventos extremos de seca registrados em 1926 (Williams; Dall'antonia,

2005) e 2005 (Marengo et al., 2008) na Amazônia.

Os eventos de seca e de cheia registrados na Amazônia nos anos de 2005 e 2007, respectivamente, provocaram impactos severos na população ribeirinha, como por exemplo, inundação e as enchentes (Marengo, 2008; Marengo et al., 2011b).

Segundo Marengo (2007), os eventos extremos, como a seca do ano de 2005 registrada no Oeste e Sudoeste da Amazônia, num cenário futuro de mudança climática (induzido pelas altas emissões globais de gases do efeito estufa na atmosfera) irão se tornar mais frequentes.

Dessa forma, é possível considerar que a variabilidade climática é a variação “natural” das condições climáticas, incluindo os extremos, que por sua vez, fogem da habitualidade. Sendo assim, torna-se fundamental compreender os modos e fenômenos que influenciam no regime de precipitações tanto anuais como sazonais (Oliveira, T. A.; Tavares, C. M. G.; Ferreira, C. C. M., 2021)

A maioria das cidades Amazônicas situa-se às margens dos rios, sendo que a ocorrência de secas e cheias hidrometeorológicas, proporcionam grandes transtornos nas atividades de transporte fluvial, na pesca e na produção agrícola (agricultura familiar), com sérios impactos sociais e econômicos (Santos, 2008).

De acordo com relatório Estimativas Globais 2014: pessoas deslocadas por desastres, publicado pela Organização da Nações Unidas (ONU) no ano de 2014, nos últimos anos os desastres naturais foram responsáveis por milhares de pessoas deslocadas, este fato consegue deslocar três vezes mais do que conflitos armados.

Amazônia vem sofrendo por diversas anomalias climáticas, com as ações antrópicas desordenadas ocorrendo em diversas regiões, relacionadas ao uso e ocupação da terra, como desmatamentos, queimadas, etc. são agentes primordiais para este cenário, tendo como consequência a maior probabilidade de ocorrência de desastres, sendo que este cenário já é algo frequente na atualidade (IPCC, 2013).

Nessa concepção, entender o ritmo habitual de determinada variável climática como as precipitações, por exemplo, permite-nos observar sua distribuição ao longo do tempo em termos de sua variabilidade assim como as excepcionalidades (eventos de seca ou excessos pluviométricos que fogem do padrão normal de distribuição da chuva para uma determinada área). Essa análise é feita a partir da leitura e análise das séries históricas de dados (Tavares et al., 2021).

Considerando que os mecanismos de planejamento e gestão do espaço geográfico em termos do uso e ocupação do solo, as políticas públicas associadas aos recursos hídricos, de gestão de mananciais e abastecimentos dependem de um claro conhecimento da variabilidade climática, sobretudo pluviométrica, para as ações coordenadas de mitigação e planejamento, é necessário estudos que busquem identificar os fenômenos que influenciam a dinâmica atmosférica sobre determinadas áreas (Siqueira, B. ; Nery, J. T., 2020).

A análise da variabilidade da chuva em diferentes escalas espaciais e temporais é muito importante para a sociedade como um todo, pois a precipitação pluvial é um componente fundamental do sistema climático. Em um estado onde a produção agrícola e a necessidade de pastagens para a produção de carne e leite bovina é fundamental na sua economia, a caracterização da chuva representa um papel relevante no comportamento dos sistemas agroecológicos da região analisada (Nery, J. T.; Siqueira, B., 2020).

Muitos índices de anomalia de chuva têm sido desenvolvidos e adaptados com o objetivo de quantificar os aspectos climatológicos de uma região. Dentre vários, o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), é um dos mais simples em relação a sua quantificação e também é um dos mais utilizados.

Freitas (2005), ressalta a grande importância do IAC, para fins de diagnósticos e prognósticos. Estas informações são de grande relevância, pois são capazes de caracterizar a região de estudo e prevenir ao máximo os danos negativos, oriundos de fenômenos climáticos intensos e anômalos.

Os baixos e altos volumes de precipitação fazem parte da variabilidade natural do clima e podem ser identificados como eventos de deficiência ou excesso significativos de chuva, esses eventos podem passar por um período de tempo persistente que pode variar de semanas a meses. Em geral, esses dois eventos resultam em sérios impactos sócio- econômicos e ambientais.

A partir desses argumentos, o IAC pode ser uma ferramenta eficiente para a caracterização climática de uma região, e também um método viável de alerta e prevenção de consequências negativas intensas, relacionadas a eventos de desastres ambientais.

O objetivo do presente trabalho é relacionar os índices de anomalia de chuva (IAC) com os eventos de desastres naturais no leste da

Amazônia, especificamente na cidade de Marabá-PA.

**Métodos**  
**33213**

*Caracterização da área em estudo*

O presente trabalho tem como local de estudo o município de Marabá, no Estado do Pará,

leste da Amazônia (05° 22'S; 49° 07'W). A cidade fica situada na região sudeste do Pará, à margem esquerda do rio Tocantins (Figura 01). Marabá é um município que abrange uma área de 15.157,90 km<sup>2</sup> com uma população de 275.086 pessoas de acordo com o IBGE (2018).

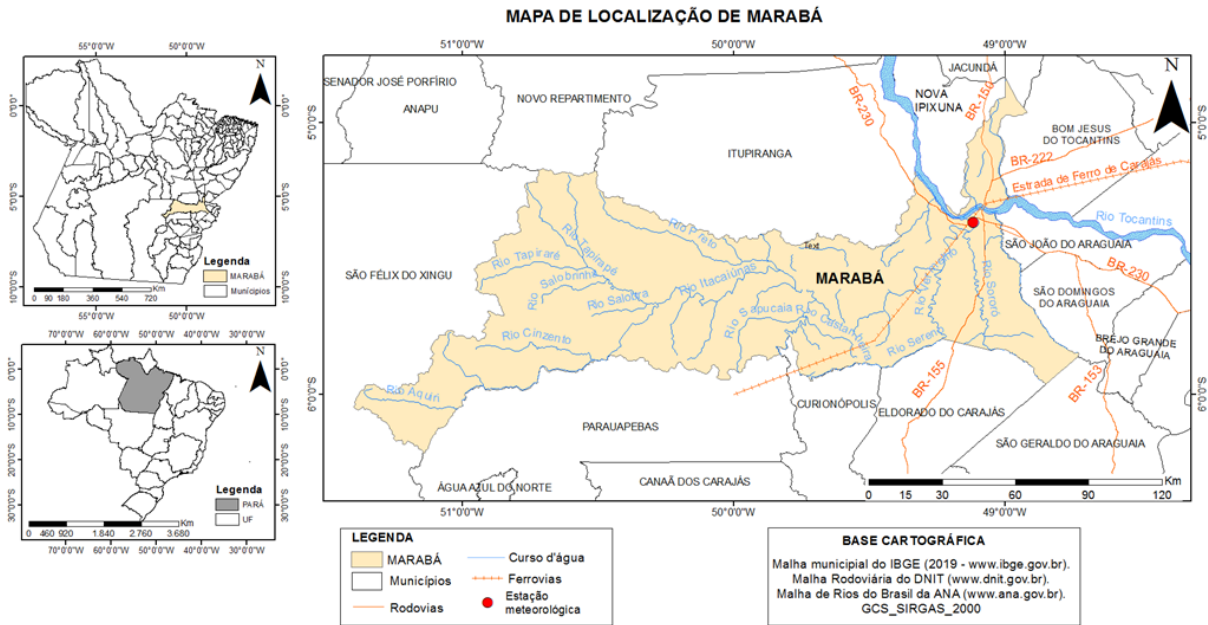


Figure 1. Localização da área de estudo.

De acordo com Oliveira et al (2016), a região do Estado do Pará encontra-se em Zona Tropical, apresenta clima quente e considerável índice pluviométrico durante todo o ano. As variáveis meteorológicas, estando relacionadas com fenômenos de escala global, são influenciadas por vários processos de grande escala, mesoescala e microescala.

O clima predominante na região de Marabá é o tropical, apresentando temperaturas do ar médias anuais de 26,0°C. Apresenta dois períodos climáticos bem definidos: o chuvoso, que vai de Outubro a Abril representando aproximadamente 90,0% da precipitação, e o período seco, de Maio a Setembro, apresentando umidade relativa do ar muito baixa (ANA, 2006).

A precipitação na Amazônia

A característica marcante do clima da Amazônia é a presença de um amplo espectro de variações no tempo e espaço da atividade convectiva tropical (formação de nuvens) e da precipitação pluviométrica, as quais se tornam as

variáveis climáticas mais importantes da região (Souza et al., 2009).

Do ponto de vista das estações sazonais no Hemisfério Sul, o regime de chuva da Amazônia exibe máximos anuais bem pronunciados durante os meses do verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro – DJF) e outono (Março, Abril e Maio – MAM), sendo que os mínimos anuais ocorrem durante os meses de inverno (Junho, Julho e Agosto – JJA) e primavera (Setembro, Outubro e Novembro – SON). Durante os meses do verão (DJF), os máximos de chuva são observados sobre os estados do Acre, Rondônia, Tocantins, norte do Mato Grosso e centro-sul do Amazonas e Pará, esses máximos são diretamente associados à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS forma uma banda de nebulosidade convectiva com orientação Noroeste/Sudeste desde a Amazônia até a região Sudeste do Brasil e Oceano Atlântico, e constitui-se no principal sistema meteorológico precipitante do verão brasileiro (SOUZA; AMBRIZZI, 2003).

Neste período tem-se também a influência da Alta da Bolívia, a circulação atmosférica girando no sentido anti-horário nos altos níveis da troposfera (Figueroa et al., 1995). Durante o outono (MAM), em decorrência da diminuição dos episódios de ZCAS, ocorre uma diminuição relativa da precipitação na parte sul/sudeste da Amazônia (Souza; Ambrizzi, 2003).

Em compensação, observa-se a intensificação e generalização da precipitação que atinge centro e o nordeste da Amazônia. Essa intensificação da precipitação deve-se a atuação direta da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atingindo sua posição climatológica mais austral em março (Nobre; Shukla, 1996; Souza; Nobre, 1998), sendo, portanto, o principal sistema meteorológico indutor de chuva na Amazônia, durante o pico da estação chuvosa (Souza; Rocha, 2006). Neste período, a precipitação também é favorecida pela formação da convecção tropical e a atuação de Linhas de Instabilidade, as quais induzem a formação de aglomerados convectivos de meso escala que resultam em grande variabilidade espacial das chuvas, ocasionando o surgimento de vários núcleos de elevada precipitação.

As Linhas de Instabilidade se formam na região costeira, preferencialmente, no período da tarde, devido à circulação de brisa, deslocando-se, basicamente, de leste a oeste (Cohen et al., 1995).

Durante os períodos de inverno (JJA) e primavera (SON) a migração sazonal da ZCIT seguindo o deslocamento aparente do sol para o Hemisfério Norte, bem como a predominância do ramo descendente da circulação atmosférica de Hadley sobre a porção centro-sul da Amazônia impede a formação de nebulosidade convectiva profunda, resultando na ausência de chuva devido a sistemas de grande escala sobre a região (Lopes, 2009). Assim sendo, verifica-se forte redução na pluviometria ao longo da Amazônia, sendo que no centro-sul do Pará a diminuição pluviométrica é mais pronunciada em JJA, enquanto que na faixa leste e nordeste do Pará isto ocorre durante SON. Portanto, grande parte da região apresenta índices pluviométricos inferiores a 100 mm em média, caracterizando assim o período seco Amazônico. As chuvas do período seco, JJA e SON, associam-se a sistemas de meso escala, tais como aglomerados convectivos e Linhas de Instabilidade que promovem pancadas de chuva de forma isolada ao longo da região (Fisch et al., 1998).

A Amazônia abriga a maior bacia hidrográfica do globo, sendo que a variabilidade

fluviométrica (variação da cota/vazão dos rios, isto é, os períodos regulares de enchente e vazante) é regulada primariamente pela variabilidade da precipitação pluviométrica (Marengo; Tomasella; Uvo, 1998; Rocha, 2001). Em outras palavras, a chuva é a principal entrada de água no sistema hidrológico da Amazônia (Santos, 2008). Marengo (2005) analisou o ciclo hidrológico da Amazônia e reportou que, em geral, anos com deficiência de precipitação associado a episódios de El Niño no Pacífico e um padrão de aquecimento/resfriamento anômalo sobre bacia norte/sul do Oceano Atlântico, resultam em níveis fluviométricos também deficientes sobre grande parte da bacia hidrográfica da Amazônia.

### **Interação oceano-atmosfera na Amazônia**

Considerando o contexto da dinâmica climática tropical, sabe-se que a variabilidade pluviométrica interanual da Amazônia é modulada diretamente pelos padrões oceano-atmosfera de grande escala, associados ao ciclo do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre o Oceano Pacífico e as fases do gradiente meridional inter-hemisférico de anomalias de temperatura da superfície do mar (aTSM) sobre o Oceano Atlântico intertropical (Nobre; Shukla, 1996; Souza et al., 2000). Através de mudanças significativas nos padrões da circulação atmosférica associados às células de Walker e de Hadley (Souza; Kayano; Ambrizzi, 2004), ambos os modos climáticos do Pacífico e Atlântico interferem na posição e intensidade das bandas de nebulosidade convectiva da ZCAS e ZCIT e, portanto, modulam a distribuição regional de chuva na Amazônia.

De acordo com Souza, Kayano e Ambrizzi (2005), as análises observacionais devem considerar dois cenários climáticos contrastantes denominados de favorável, que são condições de La Niña e gradiente meridional de aTSM apontando para a bacia do Atlântico sul. E desfavorável, que são condições de El Niño e gradiente meridional de aTSM apontando para a bacia do Atlântico Norte. Esses cenários evidenciaram a predominância de circulação atmosférica ascendente (La Niña) e descendente (El Niño) nas regiões da célula de Walker/Hadley equatorial, que se fortalece quando há La Niña e se enfraquece quando há El Niño. A ZCIT conseqüentemente se resulta em precipitação sazonal significativamente abundante quando há La Niña e precipitação deficitária quando há El Niño em grande parte da Amazônia.

Eventos extremos de precipitação, anomalia de chuva e os desastres naturais

Os eventos extremos de tempo e clima, as anomalias de precipitação têm atraído muito a atenção nos últimos anos, devido aos seus potenciais impactos na vida humana, econômica, social e nos ecossistemas naturais (Jiang et al., 2011). A sociedade, a economia e o meio ambiente são impactados pelo clima extremo ou eventos climáticos. Desta forma, a análise de índices extremos climáticos e anomalias é fundamental (Sharma e Babel, 2014).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2013): mostra que muitos estudos regionais têm analisado as mudanças no clima e têm, geralmente, identificado que as temperaturas mínimas do ar têm aumentado mais rápido do que às máximas.

Marengo (2009) afirma que estudos de longo prazo sobre tendências e mudanças climáticas na América do Sul são poucos devido à escassez de dados. A ocorrência de secas como consequência de alteração climática, em diversas partes do planeta, na década de setenta indicou a vulnerabilidade do homem a esse risco climático, demonstrando a necessidade de melhor entendimento, melhor previsão de sua ocorrência e uso correto de medidas mitigatórias. Alguns estudos sobre mudanças climáticas (e.g. Marengo, 2008; Marengo et al., 2010) têm demonstrado uma certa polarização da ocorrência das chuvas para diferentes regiões do planeta, tendendo ao aumento da ocorrência de chuvas intensas e da severidade das secas meteorológicas.

A Amazônia brasileira tem sua cobertura vegetal formada principalmente por floresta fechada, sendo aproximadamente 64%, as coberturas de cerrados e campos são em torno de 24% e 12% dela encontra-se desmatada por ação humana (Lentini et al., 2003). A Amazônia é observada por sua grande biodiversidade, é foco de inúmeros estudos envolvendo pesquisas em diversas áreas. Além disso, é importante ressaltar que os impactos ambientais causados pela atividade antrópica, proporcionam cenários de riscos de desastres (Marengo, 2007).

Desastres Naturais se originam por meio de fenômenos e desequilíbrios da natureza que atuam independentemente da ação antrópica (SEDEC, 2015). No Brasil, boa parte desses eventos, são intensificados pelas atividades humanas. (CEPED, 2013a). Os desastres naturais mais frequentes no país, responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais todos os anos, são as

enchentes, a seca, a erosão e os escorregamentos ou deslizamentos de terra (Maffra e Mazzola, 2007 p. 10).

No Atlas Brasileiro de Desastres Naturais nota-se que no período 1991 a 2012 os desastres que mais prejudicaram o Estado do Pará foram as inundações (46%), seguida pelas enxurradas (32%) e erosão (10%) (CEPED, 2013b). Entretanto, esses dados podem também ser inconsistentes, pois, de acordo com Ceped (2013a) existe uma histórica fragilidade no Sistema de Defesa Civil, que dificulta a atualização desse banco de dados, principalmente pela carência de profissionais especializados em âmbito municipal e pela ausência de unidade e padronização das informações declaradas nos registros de desastres.

Para o Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, diversas abordagens sobre os impactos de anomalias de chuvas e de possíveis impactos das mudanças climáticas e seus desdobramentos nas disponibilidades hídricas para as atividades agrícolas, sociais e ambientais despertam a necessidade de ações por parte dos órgãos governamentais e da sociedade civil. Moraes (2007) indica que este fato tem motivado investimento em estudos e projetos que busquem a melhor compreensão dos fenômenos climáticos e hidrológicos na região que poderão consubstanciar de forma mais efetiva as políticas públicas para a retomada do desenvolvimento sustentável local. Ou seja, nota-se uma grande influência do IAC, para o entendimento do tempo e clima e prevenir ao máximo situações de desastre.

É muito importante fazer comparações dos padrões de precipitação dos tempos atuais com padrões históricos, por exemplo, Freitas (2004 e 2005) utilizou o índice IAC para localidades no Estado do Ceará e observou que, com base nele, é possível fazer uma comparação das condições atuais de precipitação em relação aos valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento, consoante sua intensidade.

No rio São Francisco, Gonçalves et al. (2006) determinaram o índice IAC para 15 estações, este estudo indicou que a incidência de anos secos é maior que os úmidos. O IAC também mostrou que em áreas situadas à jusante da hidrelétrica de Sobradinho, pode-se explicar a ocorrência de cheias e inundações ocorridas em Pernambuco.

Em um estudo no Estado da Paraíba, na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Araújo et al (2009) verificaram que o IAC pode ser utilizado

como uma ferramenta para o acompanhamento climático de uma localidade, além de ser utilizado para regionalização, podendo também, por meio desse monitoramento gerar prognósticos e diagnósticos da climatologia local e de situações de desastres, com inundações e enchentes.

Segundo Da Silva (2009), com o emprego de índices climáticos, exemplo o IAC, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos ou chuvosos, com informações anuais, sazonais ou mensais. Os índices climáticos facilitam conhecer profundamente a climatologia de uma região, e verificar os impactos negativos que estas anomalias podem causar.

Os eventos de anomalias estão ligados às mudanças climáticas. De acordo com Marengo (2007 e 2009), cenários marcados por extremos climáticos, anomalias de seca ou cheia, estão diretamente relacionados com a mudança do clima. As ações antrópicas proporcionam cenários de riscos e desastres. De acordo com Lentini et al. (2003) e Marengo (2007) atualmente quanto maior a ação antrópica, maior é a ocorrência desastres na Amazônia.

O IAC é considerado pela comunidade científica um método simples e objetivo, por motivo de sua facilidade em determinar as anomalias extremas de chuva (positivas e negativas). Vários estudos utilizaram a metodologia do IAC em regiões distintas, tais como para a bacia do rio Paraíba (Araújo; Moraes Neto; Sousa, 2009), Ceará (Freitas, 2004 e 2005), bacia do Mundaú (Silva, D. et al., 2007), rio São Francisco (Gonçalves et al., 2006), Mato Grosso do Sul (Souza; Albuquerque; Lopes, 2006).

## Dados

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados de precipitação média mensal no período de 1973 a 2017, da estação meteorológica convencional, do INMET, da cidade de Marabá (estação código OMM 82562).

Também foram utilizados dados de informações básicas dos municípios, a respeito da gestão de riscos e desastres dos últimos anos (2008 a 2017), como: secas, enchentes, inundações, alagamentos, número de edificações atingidas nas áreas urbanas, número de pessoas desalojadas ou desabrigadas, número de óbitos ocorridos, etc., estes dados são do IBGE. Também utilizou registros de inundações do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais para o período de 1991 a 2012, documentados na 2ª edição revisada e ampliada,

pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E registros de inundações de diversos anos, do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres.

Os dados prognósticos são oriundos do modelo climático Coupled Climate Mode 3 (CM3) da Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), tem como ferramenta essencial de modelagem climática, sua componente atmosfera. A atualização recente do componente atmosférico teve como objetivo, permitir a abordagem de diversas questões importantes, como por exemplo, interações aerossol-nuvem, interações química-clima, tratamentos de convecção de cúmulos profundos e rasos, etc.

A GFDL atualmente são líderes no desenvolvimento e pesquisa de modelos climáticos. A GFDL está focada em pesquisas abrangentes de longo prazo, que são fundamentais para avançar no entendimento científico dos processos físicos, dinâmicos, químicos e biogeoquímicos que regem o comportamento dos componentes da atmosfera, oceanos, terra e gelo e suas interações com o ecossistema. A GFDL desenvolve e usa modelos de sistema da Terra e simulações em computador para melhorar a compreensão e previsão de todos os aspectos do sistema climático. A GFDL se concentra na construção de modelos relevantes para a sociedade, para pesquisa de furacões, previsão do tempo e do oceano, previsão sazonal, entendimento das mudanças climáticas regionais e globais. A GFDL é pioneira em grande parte da pesquisa mundial sobre modelagem de mudanças climáticas desde 1955. A GFDL é apoiada em parte pelo financiamento da National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA).

Neste trabalho o CM3 proporcionou a verificação de um cenário futuro em relação a precipitação de Marabá, através de simulações de chuva no período de 2020 a 2050. O modelo tem resolução horizontal de aproximadamente 200 km e sua resolução vertical varia aproximadamente de 70 m perto da superfície da Terra, a 1-1,5 km perto da tropopausa, e 3-4 km em grande parte da estratosfera, com o nível de modelo superior em aproximadamente 80 km (1 Pa). Para estes dados, selecionou-se o Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5: Cenário de estabilização de forçamento moderado (Anexo A).

Após a obtenção dos dados do modelo, utilizou-se o IAC para a verificação, análise e caracterização do cenário futuro encontrado. Vale

ressaltar que para este trabalho, as simulações selecionadas são de um cenário moderado.

### Índice de anomalia de chuva (IAC)

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi desenvolvido por Rooy (1965) e incorpora um procedimento de classificação para ordenar magnitudes de anomalias de precipitações positivas (1) e negativas (2). Esse índice é considerado muito simples, dada a sua facilidade de procedimento computacional, que consiste da determinação de anomalias extremas. Rooy (1965) descreve que o índice visa tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação. O cálculo do IAC é feito através das seguintes expressões:

$$(1) \quad \text{IAC} = 3 \left[ \frac{(p-\bar{p})}{\bar{m}-\bar{p}} \right]$$

$$(2) \quad \text{IAC} = -3 \left[ \frac{(p-\bar{p})}{\bar{x}-\bar{p}} \right]$$

Sendo que:

$p$  = precipitação observada (mm);

$\bar{p}$  = precipitação climatológica média (mm);

$\bar{m}$  = representa a média histórica dos dez valores mais altos;

$\bar{x}$  = representa a média histórica dos dez valores mais baixos.

A tabela 1 mostra a classificação do IAC, cuja intensidade permite atribuir à intensidade do evento que pode variar de uma condição extremamente úmida até uma condição de seca

severa. Para o escopo do presente trabalho, utilizaremos somente as categorias de seca fraca, moderada, forte e severa obtidas pela aplicação do IAC nos dados de precipitação mensal de Marabá.

Intensidade do IAC	Classificação
$\geq 4,00$	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,50 a 1,99	Umidade baixa
-0,49 a 0,49	Normal
-1,99 a -0,50	Seca fraca
-2,00 a -2,99	Seca moderada
-3,00 a -3,99	Seca forte
$\leq -4,00$	Seca severa

Fonte: Adaptado Souza et al. (2009).

### Resultados e discussão

Climatologia da precipitação pluviométrica em Marabá

A climatologia da precipitação pluviométrica em Marabá foi obtida tomando-se a média do período de 1973 a 2017, ou seja, os aspectos climatológicos referem-se à média dos últimos 44 anos. As Figuras 2 e 3 mostram a evolução da precipitação pluviométrica, em mm, considerando as médias mensais e sazonais para a região de Marabá. Na figura 2 verifica-se que a partir do mês de setembro os volumes mensais de precipitação começam a aumentar progressivamente até atingir o valor máximo anual no mês de março. A precipitação sobe de 48.13 mm em setembro para 352.02 mm em março. Depois desse pico, verifica-se uma transição brusca e rápida com a diminuição dos volumes mensais de precipitação iniciando em abril (252.6 mm) e atingindo o valor mínimo anual em agosto, com 13.84 mm.



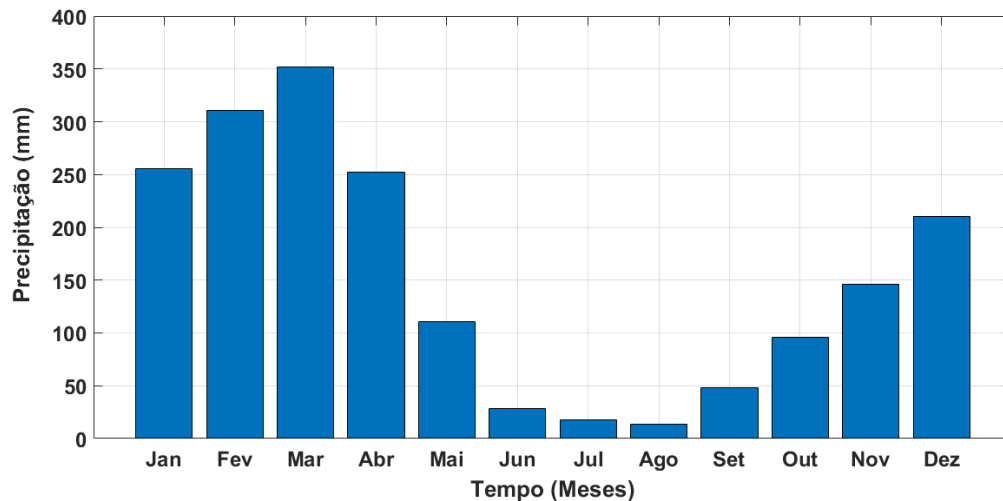


Figure 2. Climatologia (média mensal 1973-2017) da precipitação pluviométrica (mm) em Marabá.

Nas médias sazonais, através da figura 3, nota-se claramente que o trimestre mais chuvoso ocorre no verão (DJF) com média de 258.93 mm, seguido do período de outono (MAM) com 238.34 mm. No inverno (JJA) tem-se o trimestre mais seco do ano com média de 19.96 mm e em seguida a transição para a primavera (SON) com 96.84 mm. Portanto, evidencia-se nas médias climatológicas mensais e sazonais que a região de Marabá apresenta sazonalidade de precipitação bastante

acentuada com ciclo anual bem definido, sendo que o período chuvoso, volume de chuva acima de 200 mm, ocorrendo entre os meses de dezembro a Abril e período seco, volume de chuva abaixo de 100 mm, durante os meses de Junho a Outubro. Maio caracteriza-se pela transição do período chuvoso para o seco e novembro a transição do período seco para o chuvoso. Santos (2008), Marengo (2005) e Rocha (2001) também indicam estes resultados para a região amazônica.

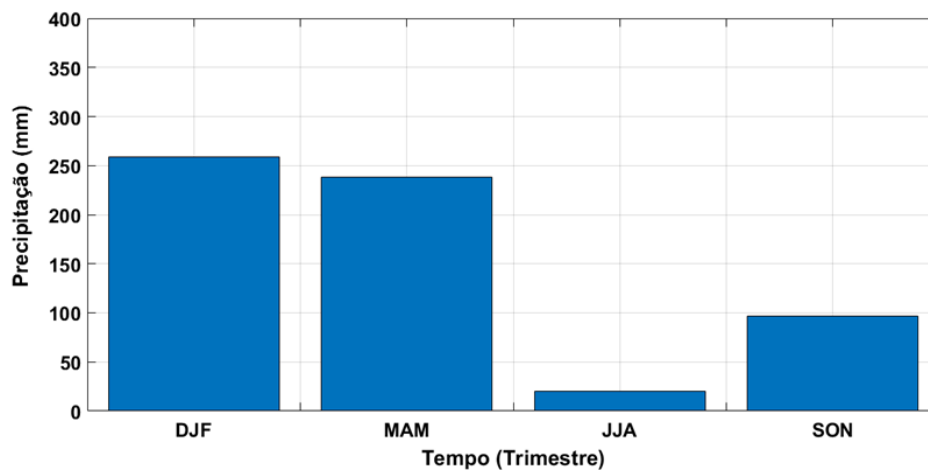


Figura 3. Climatologia (média trimestral 1973-2017) da precipitação pluviométrica (mm) em Marabá.

Em relação as ocorrências dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña e as intensidades do IAC para o período de 1972 a 2017, observou-se que as datas das ocorrências de ambos os fenômenos climáticos, coincidem com as datas dos eventos de seca e cheia FOR indicado pelo IAC. Esta observação indicou que o IAC conseguiu interligar as anomalias encontradas, com os eventos climáticos de El Niño e La Niña. Jiang et

al. (2011) e Marengo (2005) destacam a forte relação entre os eventos La Niña e El Niño e os cenários de alta e seca pluviométrica na região amazônica.

Nery e Siqueiras (2020) obtiveram observações importantes, que também foram possíveis observar nos resultados deste trabalho, os dois autores notaram que o índice IAC mostrou-se ser uma ferramenta útil para análise de períodos

secos e chuvosos, apresentando variabilidade de ano para ano e de evento para evento. E os anos de ocorrência de El Niño também apresentaram, anomalias positivas, assim como os anos de ocorrência de La Niña também apresentaram anos negativos.

As alterações nos padrões de chuva na região nordestina, também estão relacionadas com fenômenos climáticos globais, como foi o caso na cidade de Patos, na Paraíba, onde El Niño e La Niña influenciaram diretamente no volume de chuva local, deixando visível médias climatológicas bastante diferentes de períodos de El Niño ou La Niña (Medeiros et al. 2020).

Tendo em vista a ampla literatura que trata do uso do IAC como uma importante ferramenta de avaliação do fenômeno ENOS em diversas localidades, neste trabalho foi possível considerar tal técnica como eficiente na identificação de tal fenômeno de variabilidade, este argumento também está de acordo com os resultados encontrados por Tavares et al. (2021) na cidade de Juiz de Fora no Estado de Minas Gerais.

#### Índice de anomalia de chuva (IAC) em Marabá

A aplicação da metodologia do IAC nos dados mensais de precipitação da cidade estudada, resultou na série temporal de 1973 a 2017, mostrada nas figuras 4 e 5, anomalias negativas e positivas respectivamente. As tabelas 2 e 3 indicam

anomalias negativas e positivas respectivamente, sendo os eventos de anomalia negativa classificados como fraca: FRA (índices entre -1 e -2), moderada: MOD (índices entre -2 e -4) e forte: FOR (índice menor do que -4). E os eventos de anomalia positivas selecionados como fraca: FRA (índices entre 1 e 2), moderada: MOD (índices entre 2 e 4) e forte: FOR (índice maior do que 4), ambas as anomalias entre o período de 1973 a 2017.

#### Anomalia negativa

Na Figura 4 nota-se grande variabilidade temporal do IAC no período estudado, com valores oscilando entre índices positivos e negativos, independente do período do ano. Em particular, os índices negativos, que indicam a ocorrência de precipitação abaixo do normal, concentram-se em sua grande maioria nas categorias de seca FRA e MOD. Eventos de seca FOR são bem esporádicos, conforme ilustra a Figura 4.

Diniz et al. (2020) constatou que para uma região paraibana, as anomalias negativas também se concentram em seca moderada. O autor também faz referência às observações em relação aos fenômenos climáticos, como o El Niño mais acentuado, capaz de inibir bastante volume de chuva, o que ocorre em grande parte da região amazônica.

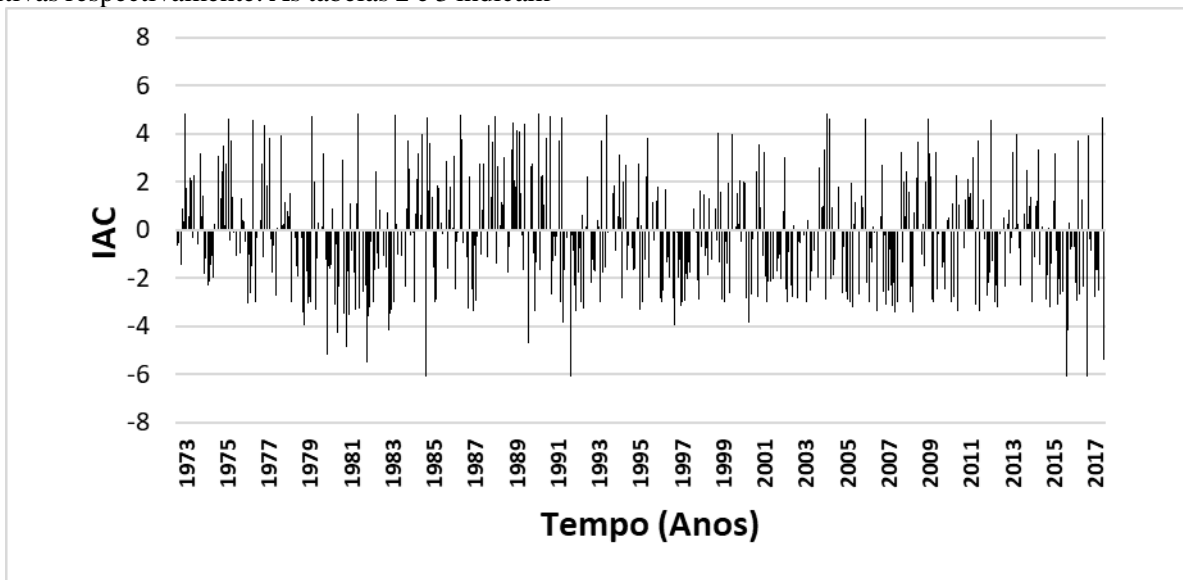


Figura 4. Anomalias negativas para Marabá durante os meses de janeiro a dezembro de 1973 a 2017.

Na Apêndice A enumeram-se os meses de ocorrência dos eventos de seca nas categorias FRA, MOD e FOR em que o critério objetivo da intensidade do IAC foi atingido, durante o período de 1973 a 2017.

Na tabela 2 observa-se que na categoria seca forte (FOR) os meses com maior frequência foram os meses de fevereiro, outubro e dezembro, com aproximadamente 6%. Nos meses de maio, junho, julho, Agosto e Setembro não ocorreram eventos de seca FOR. É interessante notar que os

meses que não apresentaram eventos de seca forte, representam os meses em que o índice pluviométrico é muito baixo do ponto de vista da climatologia. Nota-se uma grande variabilidade mensal nas categorias de seca moderada (MOD) e fraca (FRA) ao longo do ano. Na categoria de seca FRA os meses de maior frequência são fevereiro

aproximadamente 36%. Na categoria de seca MOD observam-se aproximadamente nos meses de junho, agosto e setembro com ocorrências de 40%, 42,8% e 32%, respectivamente. O mês de menor frequência de seca FRA é março com 18% e o mês de menor ocorrência de seca MOD é fevereiro com 15,8%.

com aproximadamente 39%, junho com aproximadamente 37 % e dezembro com

Tabela 2. Percentual dos meses que se destacaram de acordo com a intensidade do IAC.

<b>ANOMALIA NEGATIVA</b>			
<b>Meses</b>	<b>Fraca</b>	<b>Moderada</b>	<b>Forte</b>
Janeiro			
Fevereiro	39%	15,8%	2%
Março	18%		
Abril			
Mai			
Junho	37%	40%	
Julho			
Agosto		42,8%	
Setembro		32%	
Outubro			3%
Novembro			
Dezembro	36%		1%

Em termos das médias sazonais, de acordo a tabela 2.1, verifica-se que os eventos de seca FRA são mais frequentes no trimestre de DJF com 35,7% e

em JJA com 31,5%. Os eventos de seca MOD apresentam maior frequência trimestral no período de JJA com 37% e nos outros trimestres a diferença é pequena.

Tabela 2.1. Percentual dos trimestres que se destacaram de acordo com a intensidade do IAC

<b>ANOMALIA NEGATIVA</b>			
<b>Meses</b>	<b>Fraca</b>	<b>Moderada</b>	<b>Forte</b>
DJF	35,7%		
MAM			
JJA	31%	37%	
SON			

Anomalia positiva  
Na Figura 5 nota-se grande variabilidade temporal do IAC no período estudado, com valores

oscilando entre índices positivos e negativos, independente do período do ano. Em particular, os

índices positivos, que indicam a ocorrência de precipitação acima do normal, concentram-se em sua grande maioria nas categorias de alta MOD e

FRA. Eventos de altas precipitações, ditas como FOR são bem esporádicas.

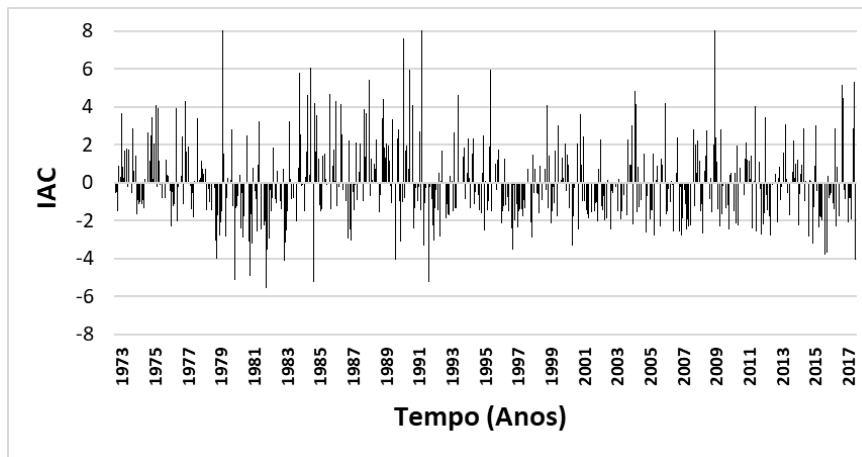


Figura 5. Anomalias positivas para Marabá durante os meses de janeiro a dezembro de 1973 a 2017.

Na Apêndice B enumeram-se os meses de ocorrência dos eventos de altas precipitações nas categorias FRA, MOD e FOR em que o critério objetivo da intensidade do IAC foi atingido, durante o período de 1973 a 2017.

Na tabela 3 observa-se também que na categoria alta forte (FOR) os meses com maior frequência foram os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro, com aproximadamente 10%. É importante ressaltar que com exceção de julho e agosto, todos os meses indicaram pelo

menos uma ocorrência de evento de alta FOR. Porém é possível observar uma significativa variabilidade mensal nas categorias de alta moderada (MOD) e fraca (FRA) ao longo do ano. Na categoria de alta FRA os meses de maior frequência são junho, julho, agosto e setembro, com aproximadamente 28%, 32%, 35% e 39% respectivamente. Na categoria de alta MOD observam-se os meses de fevereiro, março e abril, uma ocorrência respectiva de aproximadamente 38%, 41% e 36%.

Tabela 3. Percentual dos meses que se destacaram de acordo com a intensidade do IAC

<b>ANOMALIA POSITIVA</b>			
<b>Meses</b>	<b>Fraca</b>	<b>Moderada</b>	<b>Forte</b>
Janeiro			1%
Fevereiro		38%	3%
Março		41%	4%
Abril		36%	0,5%
Maior			
Junho	28%	40%	
Julho	32%		
Agosto	35%	42,8%	
Setembro	39%	32%	
Outubro			
Novembro			
Dezembro			1,5%

Sobre as médias sazonais, por meio da tabela 3.1, verifica-se que os eventos de alta FRA são mais frequentes no trimestre de JJA com 56%. Os eventos de alta MOD apresentam maior frequência trimestral no período de DJF e MAM

com aproximadamente 52% e 58% respectivamente.

Tabela 3.1. Percentual dos trimestres que se destacaram de acordo com a intensidade do IAC

<b>ANOMALIA POSITIVA</b>			
<b>Meses</b>	<b>Fraca</b>	<b>Moderada</b>	<b>Forte</b>
DJF		52%	
MAM		58%	
JJA	56%		
SON			

Nota-se que o município de Marabá, teve uma grande variação entre os resultados das anomalias negativas e positivas, porém foi perceptível que Marabá se destacou nos eventos de altas de precipitação, ou seja, os resultados encontrados pelas anomalias, caracterizaram o município como uma região chuvosa, isto é, as anomalias positivas tiveram maior percentual de intensidade, em comparação com as anomalias negativas. O estudo de caso de Araújo et al. (2009) também conseguiu indicar os mesmos resultados, na bacia hidrográfica do rio Paraíba. O estudo indicou que o IAC pode ser utilizado como uma ferramenta de observação climática, regionalização, caracterização e também um meio de monitoramento para situações de desastres. Silva (2009) também utilizou o IAC e seu estudo, e constatou que os índices climáticos facilitam conhecer profundamente a climatologia de uma região.

Para as anomalias negativas, os eventos FRA e MOD, praticamente ficaram equivalentes, e os eventos FOR foram poucos. Já para as anomalias positivas destaca-se o evento MOD, com aproximadamente 65% de frequência. Os eventos com intensidade FOR, tiveram uma frequência maior, comparados com as anomalias negativas (Tabela 4).

Observando os resultados das anomalias negativas de forma sazonal, nota-se que os trimestres chuvosos (DJF e MAM) oscilaram entre FRA e MOD. Para as anomalias positivas, esses mesmos trimestres tiveram destaque na intensidade MOD. Para os resultados dos trimestres do período menos chuvoso (JJA e SON), em relação as anomalias negativas, nota-se uma grande variedade entre as intensidades FRA e MOD, com uma pequena tendência para a intensidade MOD. Já

para as anomalias positivas, também há uma grande variedade entre as intensidades FRA e MOD, porém a intensidade FRA teve maior destaque. Brito et al. (2021) em seu monitoramento ambiental na cidade de Manaus, também mostra que existe uma grande preocupação em relação a sazonalidade da chuva, pois estes podem identificar por meio de análises históricas, se existe ou não uma tendência negativa ou positiva para uma determinada região, principalmente nos trimestres de DJF e MAM.

Medeiros et al. (2020) utilizando técnicas de percentil para a determinação de períodos secos e chuvosos, também ressalta a importância da identificação de sazonalidades anômalas, pois desta forma se torna mais fácil a observação e o estudo de extremos, que também possam estar relacionados com fenômenos climáticos.

De forma geral, nota-se que Marabá é caracterizada por um cenário de chuvas frequentes, ressaltando ainda que os eventos de intensidade FOREM para anomalias positivas tiveram maior destaque, comparados às anomalias negativas. Vale observar também, que a intensidade MOD para anomalias positivas, tiveram um destaque bem significativo, em relação às anomalias negativas, indicando que Marabá tem maior característica para região chuvosa. Estes resultados estão de acordo com o trabalho de Brito et al. (2022) que também encontra por meio do IAC uma intensa tendência de precipitação com altos volumes na região central da Amazônia.

Nascimento et al. (2021) e Ferreira et al. (2022) também observaram que o IAC é um instrumento de expressiva importância na análise desse tipo de dado, pois demonstra eficiência para averiguar os períodos extremos (úmidos e secos) e para realizar o monitoramento da precipitação de

uma determinada região, município e/ou bacia hidrográfica.

Por este motivo, é importante ressaltar que de acordo com Souza et al. (2009), o clima da Amazônia é marcado por inúmeras variações no

tempo e espaço em relação a formação de nuvens e da precipitação pluviométrica. Portanto, para Marabá, a precipitação é a variável climática mais importante.

Tabela 4. Frequência geral das anomalias em Marabá.

	Anomalias Negativas	Anomalias Positivas
<b>FRA</b>	46%	25%
<b>MOD</b>	48%	65%
<b>FOR</b>	6%	10%

**Simulação da precipitação**

A simulação média da precipitação pluviométrica em Marabá foi obtida pelo período de 2020 a 2050. De forma geral, nota-se que o período chuvoso teve resultado bastante satisfatório, indicando grande semelhança entre a precipitação simulada e a climatologia de Marabá. Diferente do período seco, que teve resultado diferente do esperado. Os valores da simulação ficaram muito distantes da realidade, de acordo com a climatologia do local.

A Figura 6 mostra a evolução da precipitação, em mm, considerando as médias

mensais e trimestrais para a região de Marabá. Na figura 6 verifica-se que o período chuvoso, com exceção do mês de maio, apresentou comportamento bastante satisfatório, indicando padrão de precipitação semelhante a realidade de Marabá. A partir do mês de setembro os volumes mensais de precipitação começam a aumentar progressivamente, com exceção do mês de Outubro, que é muito próximo do mês de Novembro. Nota-se que o período seco indicou uma diferença muito relevante, comparado aos padrões de chuva da climatologia de Marabá. Isso demonstra que a simulação para o período seco, não teve sucesso.

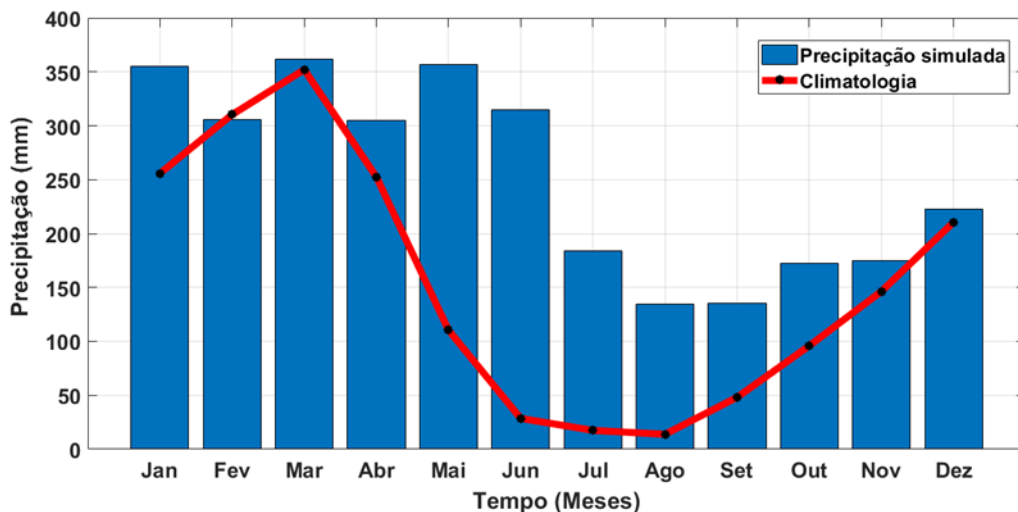


Figura 6. Simulação (média mensal 2020-2050) da precipitação pluviométrica (mm) e climatologia em Marabá.

**Anomalia negativa**

A simulação referente ao período seco, não teve resultados satisfatórios. Os valores precipitantes encontrados, se distanciaram exageradamente em relação à climatologia de Marabá. Por este motivo, não se aplicou o IAC nestes valores, pois os índices encontrados

mostrariam um resultado equivocado do cenário de estudo.

**Anomalia positiva**

Na Figura 7 nota-se que a variabilidade temporal do IAC para o período simulado, indica oscilação de 0 até próximo de 5, em quase todo o período estudado. Isso ressalta que para o período

de 2020 a 2050, o cenário será marcado por frequentes precipitações acima do normal. Mudanças severas no comportamento de variáveis do tempo e clima, como a chuva por exemplo, também é confirmado no IPCC (2013). Sharma e

Babel (2014), também falam sobre o aumento no volume das chuvas na região amazônica para cenários futuros.

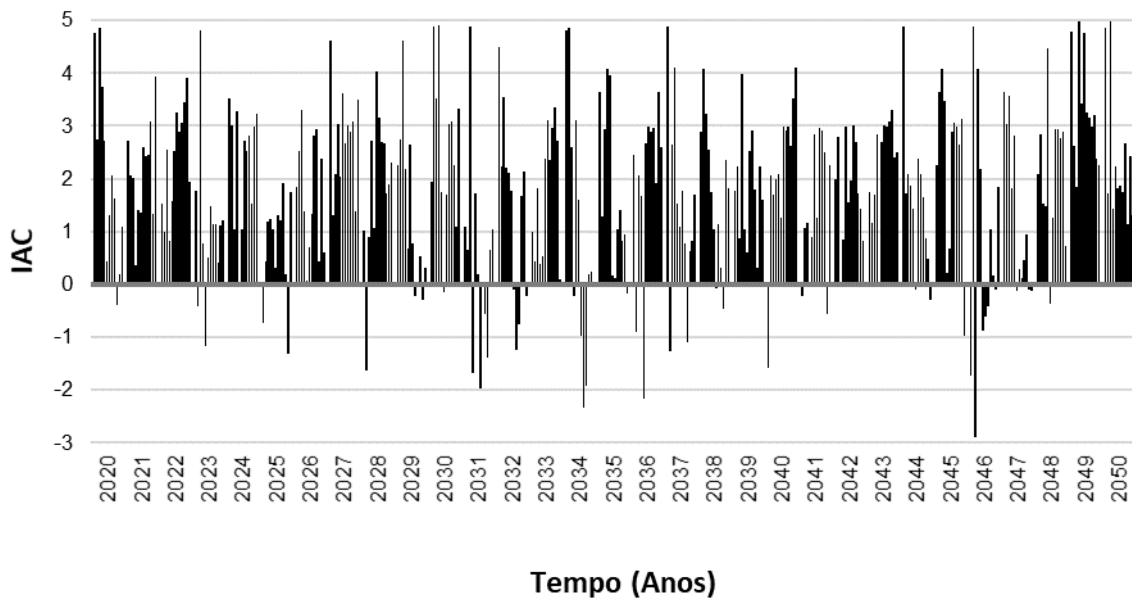


Figura 7. Anomalias positivas para Marabá durante os meses de janeiro a dezembro de 2020 a 2050.

Na Apêndice C enumeram-se os meses de ocorrência dos eventos de altas precipitações nas categorias FRA, MOD e FOR em que o critério objetivo da intensidade do IAC foi atingido, durante o período de 2020 a 2050.

Essas precipitações concentram-se em sua grande maioria na categoria de alta MOD, e em seguida na categoria FOR que marcou os meses de janeiro a abril. Já a categoria FRA, marcou os meses de agosto e setembro e foram eventos bem raros.

De acordo com a tabela 5, analisando de forma geral a frequência dos eventos, nota-se que o evento MOD, praticamente dominou o cenário futuro, com um percentual de 82%. O evento de categoria FRA teve frequência de apenas 6%. Já o evento FOR atingiu o valor de 12%. Comparando com os resultados dos dados observacionais, nota-se que os eventos MOD e FOR aumentaram sua frequência, já a categoria FRA teve uma diminuição. Isso indica que o cenário futuro será marcado por eventos de precipitação moderados e fortes.

Tabela 5. Frequência geral das anomalias calculadas pela precipitação simulada.

Anomalias Positivas	
FRA	6%
MOD	82%
FOR	12%

Marengo (2008) e Marengo et al. (2010) indicam cenários na Amazônia, em que as chuvas serão com maior intensidade e maior frequência.

Um estudo desta natureza, é extremamente importante, pois atualmente não se têm muitas análises e pesquisas que demonstram cenários tendenciosos em regiões da Amazônia (Marengo, 2009). De acordo com o IPCC (2013), o cenário futuro da Amazônia tem grande chance de sofrer

com chuvas e temperaturas do ar elevadas de forma anômala. O IPCC (2013) também reforça, que esses resultados intensificarão o contexto de desastres naturais.

### Gestão de riscos e desastres naturais em Marabá

Observando os resultados encontrados por meio do IAC, em que Marabá teve destaque para

um cenário chuvoso. Diante disso, notaram-se alguns desastres recorrentes em Marabá, foram eles:

**Enchentes:** as enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar (Min. Cidades/IPT. 2007).

**Inundações:** a inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inunda o ou área de várzea (Min. Cidades/IPT. 2007).

**Alagamentos:** o alagamento é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem (Min. Cidades/IPT. 2007).

**Enxurradas:**   um escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais (Min. Cidades/IPT. 2007).

Observa-se que as informa es do IBGE indicaram problemas e cenários de desastres relacionados com características também chuvosas. Isso prova que os resultados das anomalias, estão diretamente relacionados com os problemas de riscos e desastres que ocorreram em Marabá. Sharma e Babel (2014) destacam os mesmos resultados em seus trabalhos.

A tabela 6, indica os principais eventos que ocorreram na cidade de Marabá, no período de

2013 a 2017. E a tabela 7, indica os principais eventos que ocorreram no período de 2008 a 2012.

É importante ressaltar que as informa es do IBGE para Marabá, não repassaram nenhum evento problemático relacionado com seca. Isso reforça a ideia que a região de Marabá,   de fato caracterizada como chuvosa.

Neste sentido, os eventos de cheia, na região amazônica, são responsáveis por diversos transtornos, como alagamentos, enchentes, pessoas desabrigadas, etc. Esses transtornos estão vinculados com diversos setores, como ambiental, econ mico, social, político (Marengo, 2008, Marengo et al., 2011b). Realizar monitoramentos em prol de melhorias ou simplesmente prevenir de possíveis transtornos socioambientais, é fundamental para qualquer região. Fazer parceria com o governo seja da esfera municipal, estadual ou federal, também é uma ótima ferramenta para fortalecer a gestão de riscos e desastres (Souza, R. O.; Barni, P. E.; Galdino, L. K. A., 2022)

Brito et al. (2020) analisando a gestão ambiental em diversas cidades do Estado do Amazonas, também resalta a importância da observa o e estudo que estejam relacionados com as gestões de riscos e desastres, principalmente se estes sofrem com fortes chuvas, comprometendo também o meio ambiente e o saneamento básico da região.

Tabela 6. Gestão de Riscos e Desastres em Marabá. Eventos de 2013 a 2017.

O município foi atingido por alagamentos nos últimos 4 anos	Sim
O município foi atingido por processo erosivo acelerado nos últimos 4 anos	Sim
O município foi atingido por enchentes, inunda�es ou enxurradas graduais nos últimos 4 anos	Sim
Em que ano aconteceu a enchente, inunda�o ou enxurrada gradual de maior impacto para o município	2013
<b>No ano de enchente ou inunda�o gradual de maior impacto para o município</b>	
Edifica�es foram atingidas	Sim
�rea atingida	Urbana
Pessoas foram desalojadas ou ficaram desabrigadas	Sim
�rea de desalojamento ou desabrigo	Urbana
Ocorreram �bitos	Não
�rea dos óbitos	-
<b>�reas do município em que ocorreram as enchentes ou inunda�es graduais</b>	
Não usualmente inundáveis	Sim
Com ocupa�es regulares	Não
Com ocupa�es irregulares	Sim
Com existência de processo erosivo acelerado	Não
Outras �reas	Não

Fonte: IBGE (2017).



Tabela 7. Gestão de Risco e Desastres em Marabá. Eventos de 2008 a 2012.

O município foi atingido em suas áreas urbanas por alagamentos nos últimos 5 anos	<b>Sim</b>
O município foi atingido em suas áreas urbanas por processo erosivo acelerado nos últimos 5 anos	<b>Não</b>
O município foi atingido em suas áreas urbanas por enchentes ou inundações graduais nos últimos 5 anos	<b>Sim</b>
Número de eventos de enchentes ou inundações graduais ocorridas nos últimos 5 anos nas áreas urbanas	<b>5</b>
Ano que aconteceu o evento de enchente ou inundação gradual com maior número de edificações atingidas nas áreas urbanas do município	<b>2009</b>
Número de edificações atingidas nas áreas urbanas	<b>417</b>
Número de pessoas desalojadas ou desabrigadas nas áreas urbanas	<b>1668</b>
Número de óbitos ocorridos nas áreas urbanas	<b>1</b>
Sabe informar em que áreas urbanas ocorreram as enchentes ou inundações graduais	<b>Sim</b>
Naturalmente inundáveis	<b>Sim</b>
Não usualmente inundáveis	<b>Sim</b>
Com ocupações regulares	<b>Sim</b>
Com ocupações irregulares	<b>Sim</b>
Outras áreas	<b>Não</b>
Em áreas com existência de processo erosivo acelerado	<b>Não</b>

Fonte: IBGE (2017).

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2ª edição revisada e ampliada), do período de 1991 a 2012. De todas as cidades do Estado do Pará, a que teve maior número de ocorrências de inundações, foi a cidade de Marabá.

Através da tabela 8, é possível observar que dos 22 anos (1991 – 2012) de registro de ocorrências, Marabá ocupou 14 anos com incidência de inundações, ou seja, aproximadamente 64% do total de anos registrados, Marabá esteve presente. Vale ressaltar também que em 2004, 2005 e 2012, foram anos com duplas ocorrências. Sobre as ocorrências e as intensidades da chuva de acordo com o IAC, notam-se que 8 anos foram com a categoria moderada (MOD) e 6 anos com a categoria forte (FOR). E os índices de categoria forte (FOR), encontram-se mais frequentes nos últimos anos dos registros das inundações. Este fato converge com os argumentos de Marengo (2007), os quais indicam maiores volumes e intensidades nas chuvas da região amazônica, por motivo de eventos

extremos e anomalias. O IPCC (2013) também compartilha da mesma ideia. Gabardo et al. (2020) também faz referência que diversas alterações ambientais, estão diretamente relacionadas com as mudanças do tempo e do clima, podendo provocar secas severas ou chuvas com grande potencial para inundações e enchentes.

O aumento das taxas das queimadas e ocorrências de enchentes na região amazônica, possuem estreita relação com o processo de ações antrópicas, como desmatamento e manejo de áreas agrícolas e pecuárias, principalmente para a pecuária e o monocultivo de soja (Fuchs, 2020).

Fuchs (2020) também indica que a área de avanço agrícola ao norte tem substituído o bioma local, ou seja, a floresta amazônica, e isso tem preocupado entidades públicas e privadas, em face do desmatamento exagerado e perda da biodiversidade e o aumento da ocorrência de eventos de extremos climáticos.

Tabela 8. Ocorrências de inundação no período de 1991 a 2012.

	<b>Marabá</b>	<b>IAC Positivo - Marabá</b>
1991		
1992	1	<b>MOD</b>
1993		
1994		
1995		
1996	1	<b>MOD</b>
1997	1	<b>MOD</b>
1998		
1999		
2000	1	<b>FOR</b>
2001		
2002	1	<b>MOD</b>
2003		
2004	2	<b>FOR</b>
2005	2	<b>MOD</b>
2006	1	<b>MOD</b>
2007	1	<b>FOR</b>
2008	1	<b>FOR</b>
2009	1	<b>MOD</b>
2010	1	<b>FOR</b>
2011	1	<b>FOR</b>
2012	2	<b>MOD</b>
<b>Total</b>	<b>17</b>	

Fonte: Adaptado de Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013).

De acordo com os dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, por meio da tabela 9, que mostra as ocorrências de inundações em diversas datas, percebe-se que nos últimos anos, a intensidade do IAC aumentou. A intensidade Forte se destacou durante vários anos consecutivos (2007, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2014, com exceção apenas de 2012, que indicou intensidade moderada). Estes fatos também estão de acordo com Marengo (2007) e IPCC (2013), pois os registros mostram que os últimos anos estão sendo marcados por chuvas mais fortes e com maior frequência.

Foi possível observar que o cenário no início de 2020, já mostrou transtornos em relação as fortes chuvas em Marabá. De acordo com o boletim hidrológico 2020 da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), este ano de 2020 já mostrou cenários preocupantes em relação às fortes chuvas. A tabela 10 organiza cada mês e seu respectivo boletim observacional, junto

com seu respectivo IAC oriundo da precipitação simulada. Nota-se que a intensidade Forte (FOR) do IAC, já se faz presente em três meses deste ano, coincidindo com os eventos de inundação e alerta de cheia. Este resultado reforça a atenção que o governo deve ter, em relação ao período chuvoso na região de Marabá. Este resultado também indica que o cenário futuro, será marcado por chuvas fortes mais frequentes (IPCC, 2013). De acordo com Souza et al. (2020) assim como neste trabalho envolvendo Marabá, a aplicação do cálculo do IAC demonstrou ser uma ferramenta importante para acompanhar e identificar a variabilidade pluviométrica do município de Tucuruí. Foi possível identificar a frequência das anomalias positivas e negativas na série histórica estudada, além de caracterizar a severidade destas anomalias, desta forma o trabalho deste autor encontra-se em convergência de ideias com os estudos realizados em Marabá.

Tabela 9. Ocorrências de inundações.

<b>Inundações em Marabá-PA</b>		
<b>Data</b>	<b>Intensidade IAC</b>	
16/03/1978	Moderado	
25/02/1980	Moderado	
28/04/1989	Moderado	
28/12/1989	Moderado	
19/02/1992	Moderado	
11/6/1996	Moderado	
26/03/1997	Fraco	
22/03/2000	Moderado	
23/01/2002	Moderado	
10/2/2004	Forte	
5/4/2004	Moderado	
18/02/2005	Moderado	
21/03/2005	Moderado	
4/4/2006	Moderado	
27/02/2007	Forte	
14/04/2008	Forte	
4/5/2009	Forte	
8/4/2010	Forte	
3/3/2011	Forte	
1/3/2012	Moderado	
7/3/2014	Forte	

Fonte: Adaptado de Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (2014).

A combinação dos estudos do IAC com estudos de gestões ambientais sobre eventos de desastres realizada na região de Marabá, indica a importância de analisar os efeitos da modificação da paisagem na dinâmica de precipitação das chuvas, pois já envolve a gestão ambiental e de riscos e desastres da região. Dessa forma, é preciso

avançar neste campo de análise, como ferramenta para discutir proposições de uso e manejo das áreas antropizadas e a relação destas com o aumento de sequências de anomalias negativas ou positivas de chuva (Siqueira, B.; Nery, J. T. 2020; Souza et al. 2020)

Tabela 10. Boletins hidrológicos 2020 e intensidades do IAC (anomalias positivas).

<b>Data</b>	<b>Boletim SEMAS</b>	<b>Intensidade IAC</b>
Janeiro	Alerta de cheia	Forte
Fevereiro	Inundação	Moderado
Março	Inundação	Forte
Abril	Inundação	Forte
Maiο	Alerta de cheia	Moderado
Junho	Normal	Moderado
Julho	Normal	Moderado

De acordo com o G1/Pará, no dia 14/01/2020, de ocorreu o alerta sobre o período de chuvas na região de Marabá, indicando possíveis enchentes no mês de janeiro de 2020.

De acordo com a reportagem do G1/PA no mês de março de 2020, as enchentes causaram destruição de casas, perda de bens materiais, e aproximadamente 800 pessoas desabrigadas. A 23ª Brigada de Infantaria de Selva auxiliou vítimas de enchentes em Marabá (PA). No dia 13 de março, sob a coordenação da 23ª Brigada de Infantaria de Selva, o 52º Batalhão de Infantaria de Selva, juntamente com a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros, as Secretarias Municipais de Saúde e os órgãos de segurança pública, iniciaram, em ambiente interagências, a Operação “Mão Amiga”, em apoio às vítimas das fortes chuvas em Marabá, que ocasionaram o aumento do nível dos rios Tocantins e Itacaiúnas.

O batalhão apoiou a população todos os dias empregando 18 militares, três viaturas grandes e uma embarcação patrulha de esquadra com remos, coletes e boias para garantir a segurança da população. No primeiro e segundo dias, foram realizadas 54 e 40 mudanças respectivamente, totalizando 94 evacuações de materiais e de famílias atingidas pelos alagamentos. No dia 12/03/2020, o nível do rio Tocantins atingiu 11 metros acima do considerado normal, ultrapassando o limite de alerta, que é de 10 metros.

IPCC (2013), Sharma e Babel (2014), Marengo et al. (2011a), Marengo et al. (2008) retratam os grandes problemas econômicos, sociais e ambientais, causados por eventos climáticos na Amazônia. O que ocorre em Marabá é um exemplo importante, das consequências negativas oriundas de eventos climáticos.

Ainda que a variabilidade e alterações climáticas ocorram mediante processos naturais, como os interferentes dos grandes sistemas meteorológicos, não é possível ignorar que se trata também de um fenômeno social, uma vez que o homem pode intensificar o processo e ser diretamente afetado pelas consequências, que para muitos cientistas marcam uma nova era geológica: o antropoceno (Zangalli Junior, 2020).

## Conclusões

Um das justificativas para a realização deste trabalho, é a falta de estudos relacionados com eventos de seca e alta pluviométrica, associados com cenários de riscos e desastres naturais, especificamente na região Amazônica. Desta forma, o presente trabalho apresenta uma

contribuição relevante à climatologia de uma região importante no Estado do Pará. No que diz respeito às características climatológicas associadas aos eventos de seca e alta meteorológica e fenômenos climáticos globais e seus problemas sociais, ambientais e econômicos, observados sobre a região de Marabá no sudeste do Pará, Amazônia oriental.

A aplicação do índice de anomalia de chuva (IAC) nos dados mensais e sazonais de precipitação permitiu a caracterização dos eventos de secas e altas FRA, MOD e FOR registrado na região de Marabá. Os resultados mostraram que os eventos mais relevantes para as anomalias negativas, encontram-se na categoria FRA e MOD, sendo que estas duas categorias ficaram praticamente equivalentes. E estes resultados, não tiveram relação com as informações da gestão de risco e desastre do local. Para as anomalias positivas, os resultados mostraram que os eventos mais relevantes, encontram-se na categoria MOD, indicando que a região de Marabá é caracterizada por um ambiente chuvoso, e esta caracterização teve total relação com as informações da gestão de risco e desastre de Marabá.

A aplicação do IAC nas simulações mensais e sazonais de precipitação, permitiu observar e caracterizar de maneira superficial um cenário futuro para Marabá. As anomalias negativas (eventos de seca) indicaram resultados equivocados em relação a realidade física do local, por este motivo, não se aplicou o IAC. No entanto, para as anomalias positivas, destacaram-se as categorias MOD e FOR. E os resultados foram bastante satisfatórios. Em que o cenário futuro, será marcado por chuvas mais fortes e mais frequentes.

Sendo assim, Marabá é uma região caracterizada por chuvas frequentes e de intensidade significativa. E os problemas encontrados, por meio da gestão de risco e desastre da região de estudo, estão diretamente vinculados com a caracterização resultante do IAC, que foram chuvas acima do normal. E vale ressaltar que o cenário futuro encontrado por meio das simulações, comprovou ser uma intensificação dos atuais padrões de tempo e clima da cidade. E de acordo com os noticiários, a cidade de Marabá já está sofrendo as consequências das fortes chuvas, tendo como cenário atual: enchentes, alagamentos, inundações, perda de bens materiais, pessoas desabrigadas, etc. Desta forma, o IAC é uma ótima ferramenta para caracterização climatológica e alerta de possíveis áreas de risco.

## Agradecimentos

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi pela oportunidade da bolsa PCI.

Ao Programa de Pós-Graduação em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia pela parceria no estudo deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia, ao IBGE e demais instituições pelo fornecimento de diversos dados.

## Referências

- ANA Agência Nacional de Águas 2006. (Brasil). A região hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia. Brasília, DF: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos.
- Alexander, L.V.; Zhang, X.; Peterson, T.C.; Caesar, J.; Gleason, B.; Klein Tank, A.M.G.; Haylock, M.; COLLINS, D.; Trewin, B.; Rahimzadeh, F.; Tagipour, A.; Rupa Kumar, K.; Revadekar, J.; Griffiths, G.; Vincent, L.; Stephenson, D.B.; Burn, J.; Aguilar, E.; Brunet, M.; Taylor, M.; New, M.; Zhai, P.; Rusticucci, M.; 2006. Vazquezaguirre, J.L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, v.111, doi: 10.1029 = 2005JD006290.
- Araújo, L. E.; Moraes Neto, J. M.; Sousa, F. A. S. 2009. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando índice de anomalia de chuva (IAC). *Ambi-Agua*, Taubaté, 4, 93-110.
- Blain, G. C.; Brunini, 2007. O. Análise comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 22, 105-111.
- Brito, A. P.; Tomasella, J. ; Wahnfried, I. D. ; Candido, L. A. ; Monteiro, M. T. ; Filgueiras, S. J. F. 2020. Relação entre precipitação e recarga de águas subterrâneas na Amazônia Central. *ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*, 34, 39-49.
- Brito, A. P.; Monteiro, B. ; Schmitt, Jair. 2020. AVALIAÇÃO DA GESTÃO AMBIENTAL MUNICIPAL EM 11 MUNICÍPIOS DO ESTADO DO AMAZONAS. In: Frederico Celestino Barbosa. (Org.). Meio Ambiente e Saneamento Básico: Impactos e desafios o Brasil. 1ed. Piracanjuba: Conhecimento Livre, , 1, p. 285-294.
- Brito, A. P.; Tomasella, J.; Monteiro, M. T. F. . A 2021. ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. In: Silva, M. L.; Monteiro, M.T.F.; Ferreira, S.J.F.;Candido, L.A.;Schloemp, E.L.. (Org.). Projeto IETÉ: rede de monitoramento ambiental da bacia hidrográfica do Educandos? Manaus? AM. Fase I: diagnóstico ambiental. 1ed. Rio de Janeiro: Editora Autografia Edição e Comunicação Ltda, , 1, 343-365.
- Brito, A. P.; Silva, N. C.; Tomasella, J.; Ferreira, S. J. F.; Monteiro, M. T. F., 2022. Análise do índice de Anomalia de Chuva e Tendência de Precipitação para Estações Pluviométricas na Amazônia Central. *REVISTA BRASILEIRA DE METEOROLOGIA*, 37, 2,
- Cavalcanti, I. F. A.; Souza, C. A.; Kousky, V. E. 2001. Droughts in Brazil during summer and fall 2001 and associated atmospheric circulation features. *Climanálise*, São José dos Campos, Cachoeira Paulista, SP, 2, 01-14.
- CEPED CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES 2013. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: Volume Pará. Florianópolis: CEPED. UFSC. 2. ed. rev. ampl. b. 114 p.
- Cohen, J. C. P. 1995, et al. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: a case study. *Monthly Weather Review*, 123, 3163-3174.
- Costa, A. C. L. 2003. Variações sazonais dos componentes do balanço de radiação e energia na reserva florestal de Caxiuanã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria – RS, Anais [...]. Santa Maria-RS.
- Diniz, R. R. S.; Alencar, M. L. S. 2020.; Medeiros, S. A. ; Guerra, H. O. C. ; Sales, J. C. R. . Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. *REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA*, 13, 2628-2640,
- Donner, Leo J., et al. July 2011: The dynamic core, the physical parameterizations and the basic simulation characteristics of the atmospheric component AM3 of the GFDL Global Coupled Model CM3. *Journal of Climate*, 24 (13), doi: 10.1175 / 2011JCLI3955.1.
- Espinoza, J. C.; Ronchail, J.; Frappart, F.; Lavado, W.; Santini, W.; Guyot, J. L. 2013. The major floods in the Amazonas River and tributaries (Western Amazon basin) during the 1970–2012 period: A focus on the 2012 flood. *Journal of Hydrometeorology*, 14, 1000-1008.
- Ferreira, I. T. R.; Riccio, M. B.; Almeida, A. C. M. L.; Teixeira, A. W. F.; Ribeiro, R. B.; Pereira, J. M.; Oliveira, A. S. 2022. Índice de Anomalia de

- Chuva (IAC) na Região Norte do estado do Espírito Santo: uma análise nas bacias hidrográficas dos rios Mucuri, Itaúnas e São Mateus. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, 12, 174-183.
- Figuerola, S. N. et al. 1995. Simulation of the summer circulation over the South American region with an ETA coordinate model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 52, 1573–1584.
- Fisch, G. et al. 1998 Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazônica*, 28, 101-126.
- Freitas, M. A. S. A 2004. Previsão de secas e a gestão hídrica: o caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE REPRESAS Y OPERACIÓN DE EMBALSES, 2004, Puerto Iguazú. Anais[...]. Puerto Iguazú: CACIER., 1. 1-1.
- FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, v. suplement., p. 84-95, 2005.
- Fuchs, V. B. 2020. Expansão de fronteira impulsada pela China na Amazônia: quatro eixos de pressão causados pela crescente demanda pelo comércio de soja. *Civitas-Revista de Ciências Sociais*, 20, 16-31,
- Gabardo, G.; Sardezas, C. G.; Silva, H. L., 2020. QUEIMADAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: A Educação Ambiental Em Uma Perspectiva Interdisciplinar. 1ed.: Editora Científica Digital, 22, 332-343.
- G1.GLOBO.COM/PA (14/01/2020). Notícias. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2020/01/14/periodo-de-chuvas-acende-alerta-para-enchentes-em-maraba-no-para.ghtml>. Acesso em: 08/07/2020.
- G1.GLOBO.COM/PA (19/03/2020). Notícias. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2020/03/19/cerca-de-800-familias-ficam-desabrigadas-apos-enchentes-de-rios-em-maraba.ghtml>. Acesso em: 08/07/2020.
- Gonçalves, W. A.; Correia, M. F.; Araújo, L. E.; DA SILVA, D. F.; Araújo, H. A. 2006. Vulnerabilidade climática do Nordeste Brasileiro: uma análise de eventos extremos na zona semi-árida da bacia do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. Anais[...]. Florianópolis: CALESA/UFSC.
- IPCC INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2013 - the physical science basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Summary for Policymakers. IPCC, Stockholm, Sweden, 2013.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Dados sobre gestão de risco e desastre. 2013. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2013>. Acesso em: 10/07/2020.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Dados sobre gestão de risco e desastre. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/protecao-social/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?edicao=21632&t=sobre>. Acesso em: 10/07/2020.
- Jiang, D.; Wang, K.; LI, Z.; Wang, Q. 2011. Variability of extreme summer precipitation over Circum-Bohai-Sea region during 1961-2008. *Theoretical and Applied Climatology*, 104, 501-509.
- Kucharski, F.; Hastenrath, S. 2008. Teleconnection mechanisms of Northeast Brazil droughts: modeling and empirical evidence. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 23, 115-125,
- Lentini, M.; Veríssimo, A.; Sobral, L. Fatos florestais da Amazônia 2003. Belém: Imazon, 2003. 110p.
- Lopes, M.N.G. 2009 Aspectos regionais da variabilidade de precipitação no Estado do Pará: estudo observacional e modelagem climática em alta resolução. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.
- Madden R.A.; Julian, P.R. Observations of the 40-50 day tropical oscillation - review. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 814-837, 1994.
- Maffra, Cristina Q. T.; Mazzola, 2007., Marcelo. As razões dos desastres em território brasileiro. In: SANTOS, Rozely Ferreira dos (org). Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília, DF: MMA, 9-12.
- Marengo, J.A. 2005. Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon Basin Water Budget. *Climate Dynamics*, 24, 11-22.
- Marengo, J. A. 2007. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o século XXI: projeções de clima futuro usando três modelos regionais: Relatório 5. [Brasília, DF]: Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Biodiversidade e

- Floresta(SBF). Diretoria de Conservação da Biodiversidade (OCBio),
- Marengo, J.A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade. Caracterização do clima atual e definição de alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. Brasília,DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. (Série Biodiversidade, 26).
- Marengo, J.A. 2007. Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade - subprojeto: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília,. DF, fev..
- Marengo, J. A. 1998; Tomasella, J.; UVO, C. Trends in streamflow and rainfall in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwestern Peru. *Journal of Geophysical Research*, 103, 1775-1784.
- Marengo, J. A.; Nobre, C. A. 2008; Tomasella, J.; Cardoso, M. F.; Oyama, M. D. Hydro-climatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005. *Philosophical Transactions Royal Society B*. v. 363, p.1773–1778.
- Marengo, J; Nobre, C; Tomasella, J; Oyama, M; Sampaio, G; Camargo, H; Alves, L. The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, 21, 495-516, 2008.
- Marengo, J. A. Água e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, 22, 83-96, 2008.
- Marengo, J. A. et al. The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, 21, 495-516, 2008.
- Marengo, J.A.; Jones, R.; Alves, L.M.; Valverde, M.C. 2009 Future change of in temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology*, 29, 2241- 2255.
- Marengo, J.A.; Rusticucci, M.; Penalba, O.; Remon, M. An Intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: Part 2 - historical trends. *Climate Change*, 98, 509-529, 2010.
- Marengo, J; Tomasella, J; Alves, L.; Soares, W; Rodriguez, D. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*, 38, 1-5, 2011a.
- Medeiros, S. A.; Nóbrega, R. A.; Diniz, R. R. S.; Barreto, A. B. 2020. A técnica do percentil na determinação de períodos secos e chuvosos na cidade de Patos-PB. *Semiárido Brasileiro* ; Volume 6. 1ed.Belo Horizonte: Editora Poisson, , 6,51-58.
- Medeiros, S. A.; Nóbrega, R. A.; Neto, J. M. M.; Barreto, A. B.; Vasconcelos, G. N.; Diniz, R. R. S, 202.. Investigação da Influência do El Niño e da La Niña Sobre a Variabilidade da Precipitação na Cidade de Patos, Paraíba.. *Revista brasileira de geografia física*, 13, 336-349.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT  
– Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília,DF: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.
- Moraes, M. F. Estimativa do balanço hídrico na bacia ex- perimental/representativa de Santa Maria/Cambiocó - Município de São José de Ubá - RJ. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 2007. 251p. Tese Doutorado.
- Moura, A. D.; Shukla, J. 1981.On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38, 2653-2675.
- Nascimento, M. B.; Silva, T. J. R. D. ; Medeiros, J. L. S. ; Araújo, L. E ; Santos, L. L., 2021.. . Emprego do índice de anomalia de chuva na variabilidade climática da microrregião do curimataú oriental do estado da paraíba. *revista brasileira de geografia física*, 14, 3193-3205.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Dados simulados de precipitação no período de 2020 a 2050. Disponível em: <https://www.gfdl.noaa.gov/coupled-physical-model-cm3/>. Acesso em: 02/07/2020.
- Nery, J. T.; Siqueiras, B. 2020. Índice de anomalia de chuva aplicado ao estudo das precipitações no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, 27, 772-788,
- Nobre, P.; Shukla, J. 1996.Variations of SST, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, v. 9, p. 2464-2479,
- Oliveira, T. A. 2021.; Tavares, C. M. G. ; FERREIRA, C. C. M. . O evento extremo de precipitação de 09/12/2016: da gênese aos impactos do evento no perímetro urbano de Juiz de Fora (MG). *REVISTA DE CIÊNCIAS HUMANAS UFV*, 21, 104-131,
- Oliveira, M.C.F.; Souza Júnior, J.A.; Cruz, P.P.N.; Souza Filho, J.D. Climatologia urbana da cidade de Belém-Pará, através das precipitações e temperaturas do ar, das normais climatológicas de 1941 a 1970, 1971 a 2000 e da normal

- provisória de 2001 a 2015. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 09, 803-819, 2016.
- Philander, S.G. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation. San Diego, California: Academic press, INC, 1990.
- QUINQUAGÉSSIMO SEGUNDO BATALHÃO DE INFANTARIA DE SELVA (52° BIS). Noticiário do Exército. Disponível em: [https://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset\\_publisher/MjaG93KcunQI/content/id/11195518](https://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/MjaG93KcunQI/content/id/11195518). Acesso em: 08/07/2020.
- Ropelewski, C. F.; Halpert, M. S. 1992. Surface temperature patterns associated with the southern oscillation. Washington, D.C.: Climate Analysis Center.
- Rocha, E.J. Balanço de umidade e influências de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia. 2001. 210 f. Tese (Doutorado) - INPE, São José dos Campos, 2001.
- Rocha, M. H. F. F.; Oliveira, A. S.; Moreira, G. A.; Soares, K. J.; Marques, R. F. P. V.; Coelho, A. 2021.. A Avaliação do Índice de Anomalia de Chuva para a região central do Estado do Espírito Santo. *RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT*, 10, 94101219990-14,
- Rooy, M. P. 1965. A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos*, Pretoria, 14, 43-48.
- Sansigolo, C.A. 2004. Análise comparativa do desempenho dos índices de seca de Palmer (PSDI) e da precipitação normalizada (SPI) em Piracicaba-SP (1917-2001). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 19, 237-242.
- Santos, D.M. 2008. Análise e modelagem hidrometeorológica na bacia do rio Tocantins em Marabá-PA. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - UFPA, MPEG, EMBRAPA,.
- SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL (SEDEC). Glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional. Disponível em: [http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=71458606-5f48-462e-8f03-4f61de3cd55f&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=71458606-5f48-462e-8f03-4f61de3cd55f&groupId=10157). Acesso em 18/01/2020.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE (SEMAS). Boletins diários. <https://www.semas.pa.gov.br/2020/02/17/boletim-hidrologico-2020/>. Acesso em: 16/07/2020.
- Sharma, D.; Babel, M.S, 2014.. Trends in extreme rainfall and temperature indices in the western Thailand. *International Journal of Climatology*, 34, . 2393-2407,
- Silva, D. F. 2009. Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE). Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Disponível em: [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=153508](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=153508). Acesso em 13 de fevereiro de 2020.
- Silva, D. F.; Araújo, L. E.; Kayano, M. T.; SOUSA, F. de A. S, 2007. Avaliação dos impactos da variabilidade climática na distribuição pluviométrica da Bacia do Rio Mundaú através do IAC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS E TECNOLÓGICOS, 2., 2007, Santos. Anais... Santos: [s.n.],
- Siqueira, Beatriz; Nery, Jonas Teixeira 2020. . Tendências das séries temporais de precipitação no estado do Paraná. *GEOUSP (USP)*, 24, 616-633.
- Souza, A.; Oliveira, A.; Pinto, P.; Mello, A.; Araújo, J. 2020. Análise do índice de anomalia de chuvas do município de tucuruí-pa. *enciclopédia biosfera*, 17, 60-71,
- Souza, E. B.; Kayano, M. T.; Tota, J.; Pezzi, L.; Fisch, G.; Nobre, C, 2000. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. *Acta Amazonica*, 30, 305-318.
- Souza, E.B.; Kayano, M.T.; AMBRIZZI, T, 2004. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 19, 113–122.
- Souza, E. B.; Kayano, M.T.; AMBRIZZI, T, 2005. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 177-191.
- Souza, E.B.; Lopes, M.N.G.; AZAMBUJA, A.M.S. Apostila de climatologia da Amazônia oriental: parte I – climatologia de precipitação regional do estado do Pará. Belém: UFPA, 2009. 18p.
- Souza, E.B.; Nobre, P, 1998 Uma revisão sobre o Padrão de Dipolo no Oceano Atlântico tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 13, 31-44.
- Souza, E.B.; Rocha, E.J.P, 2006. Diurnal variations



- of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: mean characteristics and extreme events. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21, 142-152
- Souza, E. B.; Ambrizzi, T, 2003. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. *Climanálise*, 1, 01-20
- Souza, R. O. ; Barni, P. E. ; Galdino, L. K. A. 2022 . Levantamento de dados espaciais da bacia do rio cauamé em apoio ao ministério público estadual no inquérito civil? Nº 025A/11/PJMA/2ºTIT/MP/RR. *Ambiente: Gestão e Desenvolvimento*, 15, 49-61.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Dados atualizados até 2014. Disponível em: <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/>. Acesso em: 16/07/2020.
- Tavares, C.M.G; Carvalho, P. M. ; Oliveira, T. A. ; Sanches, F. ; Ferreira, C. C. M. 2021. O uso do índice de anomalia de chuva (iac) em Juiz de Fora- Minas Gerais. *Revista Equador*, 10, 222.
- Viney, N.R.; Bates, B.C, 2004. It never rains on Sunday: The prevalence and implications of untagged multi-day rainfall accumulations in the Australian high quality data set. *International Journal of Climatology*, 24, 1171-1192.
- Williams, E., Dall'Antonia, A. The drought of the century in the Amazon basin: an analysis of the regional variation of rainfall in South America in 1926. *Acta Amazonica*, 35, 231-238, 2005.
- Zangalli Junior, P. C, 2020. A natureza do clima e o clima das alterações climáticas. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S.l.], v. 26, mar. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/68155/40420>>. Acesso em: 29 jul 2022. Doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.68155>.
- Zhang, X.; Hegerl, G.; Zwiers, F.; KENYON, J, 2005. Avoiding inhomogeneity in percentile-based indices of temperature extremes. *Journal of Climate*, v.18, p.1641-1651.
- Aguiar, R.G., 2005. Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia. Dissertação (Mestrado). Mato Grosso. Instituto de Ciências Exatas e da Terra, UFMT.

APÊNDICE A. Listagem dos eventos de seca (anomalias negativas) obtidos pelo método do IAC para cada mês entre os anos de 1973 a 2017. As categorias do evento são Fraca (FRA), Moderada (MOD) e Forte (FOR).  
(continua)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1973	FRA	FRA	FOR								FRA	
1974	FRA				FRA	FRA	MOD	MOD	FRA	FRA	MOD	FRA
1975								FRA			FRA	MOD
1976	FRA				FRA	MOD	FRA	MOD	FRA			FRA
1977	FRA		FRA			FRA		FRA	MOD	FRA	MOD	
1978		FRA						MOD	FRA	FRA	FRA	FRA
1979		MOD	FOR	FRA	MOD	MOD	FRA			MOD	MOD	MOD
1980			FRA	FRA	FRA	FRA	FRA		MOD	FRA		
1981		MOD	MOD	MOD	MOD		FRA	FRA	MOD			FRA
1982		FRA	MOD		MOD		MOD	FRA			MOD	MOD
1983	FRA	FRA		FOR	MOD	MOD	MOD			FRA		
1984	MOD				FRA	FRA	MOD				FRA	MOD
1985						FRA	MOD	MOD				
1986		MOD					MOD	FRA	FRA			FRA
1987	FRA	FOR		MOD	MOD	FRA	MOD	FRA		FRA		FRA
1988	FRA				FRA		FRA					
1989	MOD	FRA								FRA		
1990	FOR			FRA	MOD	FRA		FRA				
1991		MOD	FRA	FRA	FRA	FRA		MOD		FOR	FRA	
1992		FRA	FRA	MOD	MOD	FRA	FRA	MOD		MOD		FRA
1993	MOD	FRA	MOD	MOD		FRA	MOD		MOD	FRA		
1994	FRA			FRA				MOD			FRA	FRA
1995	FRA	MOD	MOD			MOD		MOD	FRA			FRA
1996		FRA			FRA	MOD	MOD	MOD		FRA	FRA	MOD
1997		FOR	FRA	MOD	FRA	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	FRA	MOD
1998		FRA	MOD	MOD		FRA		FRA	FRA	MOD		MOD
1999	FRA	FRA		MOD		MOD	MOD	FRA	FRA		MOD	
2000	MOD				FRA			MOD	FRA	FOR	MOD	FRA
2001		MOD			FRA		MOD	MOD	MOD	MOD	FRA	MOD
2002		FRA	FRA	MOD			FRA	MOD	FRA	MOD	MOD	FRA
2003	FRA	FRA	FRA	FRA	FRA	FRA	MOD		MOD	FRA		FRA
2004						MOD			MOD		FRA	MOD
2005	MOD	FRA	MOD	FRA	FRA	MOD	FRA	FRA		MOD		
2006	MOD			FRA		FRA	FRA	FRA	FRA		FRA	FOR
2007	MOD		MOD	FRA	MOD	MOD	FRA	MOD	MOD	MOD	MOD	FOR
2008							MOD	MOD	MOD			
2009	MOD		MOD					MOD	MOD		MOD	FRA
2010	FRA	FRA	MOD			FRA	MOD		MOD		MOD	
2011		FRA										
2012		FRA	MOD	MOD	FRA		FRA				FRA	FRA
2013					FRA	FRA					FRA	MOD

(conclusão)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2014						MOD	FRA				FRA	
2015				MOD	FRA			FRA	MOD	MOD	MOD	MOD
2016	FOR	FOR		FRA	FRA	FRA	MOD	MOD		MOD		MOD
2017	FOR		FRA	FRA	FRA	MOD	FRA	FRA	MOD			FOR

APÊNDICE B. Listagem dos eventos de cheia (anomalias positivas) obtidos pelo método do IAC para cada mês entre os anos de 1973 a 2017. As categorias do evento são Fraca (FRA), Moderada (MOD) e Forte (FOR).

(continua)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1973		MOD	MOD	MOD	FOR		FRA		FRA		MOD	MOD
1974	MOD	MOD	FOR	MOD		FRA	FRA	FRA	FRA			MOD
1975	FRA		FRA	MOD			FRA		FOR		MOD	
1976	MOD	FOR	MOD		MOD		FRA				MOD	
1977	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD		MOD	FRA			MOD
1978	FRA	MOD	MOD	MOD					FRA			
1979		MOD		FRA	FRA			FRA	FRA		MOD	MOD
1980	FRA	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD		FRA		MOD	MOD
1981			MOD	MOD	MOD	FRA	FRA	FRA		FRA	FRA	FRA
1982			MOD	MOD	MOD			MOD				
1983	MOD	MOD	MOD				FRA	FRA		MOD	MOD	MOD
1984	FRA	FRA		MOD	FRA	FRA	FRA	FRA	FRA			
1985			MOD	MOD	MOD		FRA		FRA	FRA	FRA	FRA
1986	MOD		MOD	MOD	MOD	FRA	FRA	FRA	FRA		MOD	MOD
1987		FRA	FRA		FRA				FRA			
1988	MOD	MOD	MOD	FRA	MOD	FOR		MOD	MOD	MOD		MOD
1989	FOR		FOR			FRA	MOD	FRA	FRA	FOR		MOD
1990	FRA		MOD	MOD	MOD	FRA	FRA	FRA	FRA			MOD
1991	FRA	FRA	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD	FRA	MOD	MOD	MOD
1992	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		FRA	FRA	FRA		MOD	MOD
1993	MOD		FRA			FRA	FRA	FRA		MOD	MOD	
1994	MOD	MOD	MOD		MOD		MOD	MOD		MOD	MOD	MOD
1995	MOD	MOD	MOD			MOD			FRA			
1996	MOD			FRA		MOD	MOD	MOD	FRA	MOD	MOD	MOD
1997	MOD	FRA	FRA	MOD	MOD	FRA	FRA			MOD	MOD	MOD
1998				FOR		FRA	FRA		MOD	MOD		
1999		FOR		FOR			FRA	FRA	MOD			FOR
2000	FOR		MOD	MOD		MOD	FRA	FRA	FRA	MOD	MOD	MOD
2001					MOD		MOD	MOD	FRA			
2002	MOD	MOD	MOD			MOD		FRA	FRA			MOD
2003							MOD					MOD

2004	MOD	FOR		MOD	MOD	MOD	FRA	FRA		MOD		
2005	MOD	MOD	MOD		FRA	FRA		MOD	FRA			MOD
2006	FRA	FRA		MOD						MOD	MOD	MOD
2007		FOR	MOD		MOD	MOD	MOD		FRA			FOR
2008	MOD		FRA	FOR					MOD			
2009	MOD	MOD	MOD		FOR		MOD	MOD		MOD	MOD	
2010				FOR	MOD			MOD	MOD		FOR	
2011	FRA	FRA	FOR	FRA		FRA	FRA	FRA	FRA			MOD
2012	MOD	MOD	MOD	MOD		FRA	FRA	FRA		MOD		MOD

(conclusão)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2013	MOD	MOD	MOD		MOD							MOD
2014			FOR	FRA			FRA	FRA	FRA	MOD	MOD	
2015		MOD	MOD		MOD	FRA	FRA	FRA	MOD	MOD		
2016		FRA				MOD	FRA	FRA				
2017	MOD		MOD	MOD		MOD	MOD		MOD	MOD	MOD	FOR

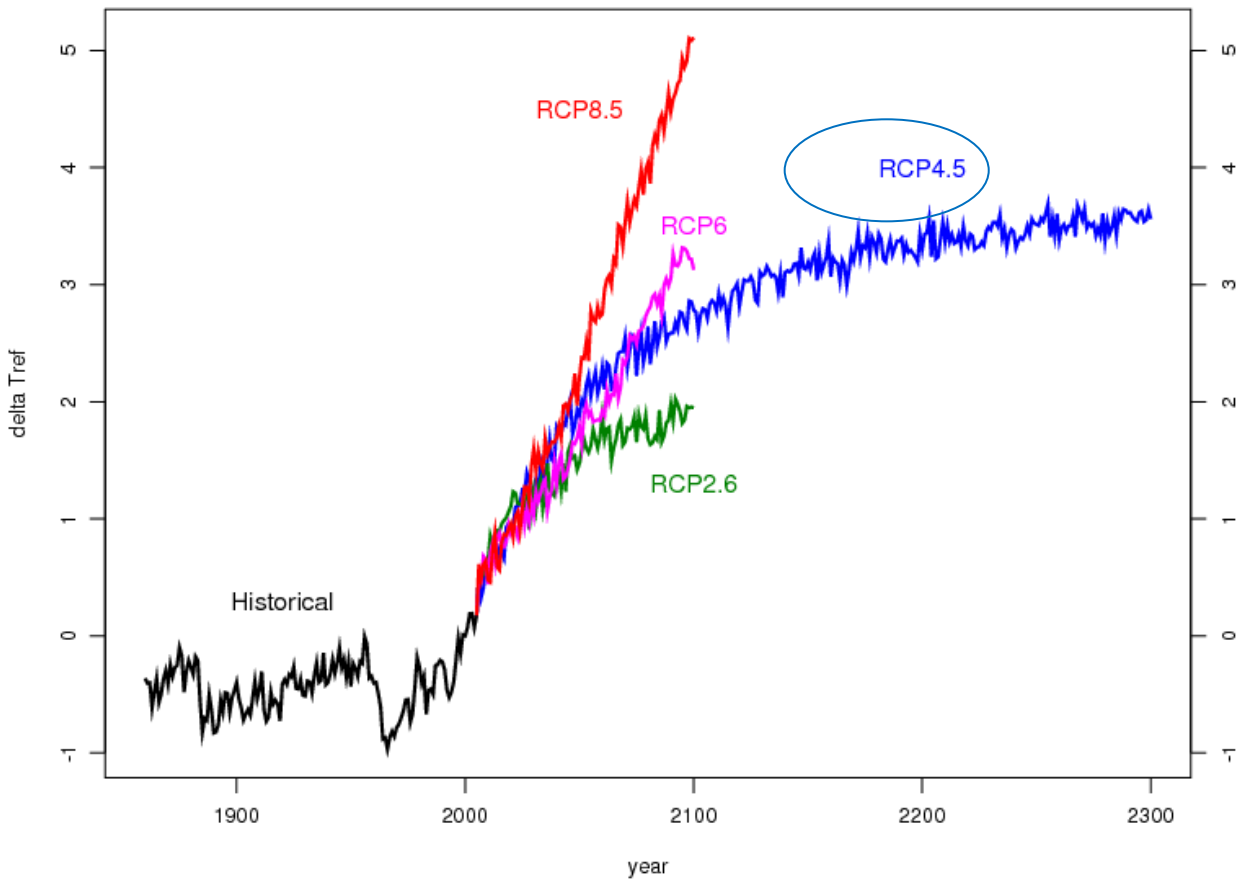
APÊNDICE C. Listagem dos eventos de cheia (anomalias positivas) obtidos pelo método do IAC para cada mês entre os anos de 2020 a 2050. As categorias do evento são fraca (FRA), moderada (MOD) e forte (FOR).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2020	FOR	MOD	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD
2021	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	FRA			MOD
2022	MOD	MOD	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	
2023	MOD	FOR	MOD	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	
2024	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD		FRA	FRA	MOD	MOD	MOD
2025	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD			
2026	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		FRA	FRA		MOD	MOD
2027	FOR	FOR	MOD	FOR	FOR		MOD	FRA	FRA		MOD	MOD
2028	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD	MOD	MOD
2029	MOD	FOR	FOR	MOD	MOD			MOD	MOD	MOD	MOD	
2030	MOD	MOD	MOD		MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD
2031	MOD	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	FRA	FRA	MOD	MOD	MOD
2032	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	FRA	MOD	MOD	MOD
2033	MOD		MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD	MOD
2034	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		FRA	MOD	MOD	MOD	
2035	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD	MOD	MOD		MOD
2036	FOR		FOR		MOD	MOD	MOD	FRA	FRA	MOD	MOD	MOD
2037	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD			MOD
2038	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD	FRA	MOD	MOD	MOD
2039	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	
2040	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	

2041	MOD	MOD	MOD		MOD		MOD	MOD		MOD	MOD	MOD
2042	MOD	MOD	MOD		MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		
2043	FOR	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD
2044	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD
2045	MOD	MOD	MOD	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD
2046	MOD	FOR		FOR			FRA	FRA	MOD	MOD	MOD	MOD
2047	FOR	FOR	FOR	MOD		MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD
2048	MOD	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	
2049	FOR	FOR	MOD		MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD
2050	FOR	FOR	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD		MOD	MOD	MOD	MOD

ANEXO A. Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5: Cenário de estabilização de forçamento moderado.

GFDL-CM3 surface temperature change versus year 2000  
(adjusted for control drift)



Fonte: Donner et al. (2011).