

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ANUAL NOS
MUNICÍPIOS DE BEBEDOURO (SP), FRUTAL (MG) E UBERABA
(MG) ENTRE 1992 A 2022**

VARIABILITY OF RAINFALL IN THE MUNICIPALITIES OF BEBEDOURO (SP),
FRUTAL (MG) AND UBERABA (MG) BETWEEN 1992 AND 2022

VARIABILIDAD DE LAS PRECIPITACIONES EN LOS MUNICIPIOS DE
BEBEDOURO (SP), FRUTAL (MG) Y UBERABA (MG) ENTRE 1992 Y 2022

Alda Paulo Daniel

Licenciada em Gestão Ambiental, Planificação e Desenvolvimento Comunitário
Mestranda em Ciências Ambientais na Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal
aldinhadaniel@gmail.com

Ana Luísa Radaeli

Engenharia Agrônoma pela Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal
ana.1094212@discente.uemg.br

João Alberto Fischer Filho

Docente no Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas da Universidade do Estado de Minas Gerais –
Unidade Frutal
E-mail: joao.fischer@uemg.br

Daniela Fernanda da Silva Fuzzo

Docente no Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas da Universidade do Estado de Minas Gerais –
Unidade Frutal
daniela.fuzzo@uemg.br

Resumo

O estudo do clima vem se intensificando desde o século XX com o intuito de verificar as variações climáticas no espaço/tempo em todo território brasileiro. Os eventos extremos de precipitação pluviométrica são investigados por parte da comunidade científica internacional devido aos prejuízos socioeconômicos causados pelo excesso ou escassez de chuvas em diversas regiões do mundo. Uma das formas de estudar a precipitação pluviométrica é através de Índices de Anomalia de Chuva (IAC), que auxilia no monitoramento do grau de severidade e duração dos períodos secos e chuvosos, permitindo averiguar os impactos que o clima global causa sobre a distribuição pluviométrica do local. O objetivo deste trabalho foi a análise temporal e espacial da pluviosidade empregando o IAC em três municípios diferentes sendo um do Estado São Paulo e dois de Minas Gerais, evidenciando os anos de seca e de chuva. Para este estudo foram selecionados os municípios de Bebedouro (SP), Uberaba e Frutal em (MG) na escala anual e interanual. Os dados de precipitação das séries históricas de cada localidade foram obtidos por meio do sistema NASA POWER. Dos 30 anos analisados, as três cidades apresentaram anomalias tanto positivas quanto negativas sendo para Bebedouro 17 anos extremos, Frutal 23 anos extremos e Uberaba 22 anos extremos. A partir do IAC observou-se que os últimos nove anos foram anos excessivamente secos nas três cidades, provavelmente impactados pelas mudanças climáticas. Nesse contexto, concluiu-se que se faz necessário o monitoramento de eventos meteorológicos de modo a auxiliar agricultores e tomadores de decisões afim de reduzir as perdas dos efeitos adversos ao clima.

Palavras chaves: Variações climáticas, índice de Anomalia de Chuva, eventos extremos e grau de severidade.

Abstract

The study of climate has intensified since the 20th century with the aim of verifying climatic variations in space/time across the entire Brazilian territory. Extreme precipitation events are investigated by the international scientific community due to the socioeconomic damages caused by excessive or scarce rainfall in various regions of the world. One way to study rainfall is through Rainfall Anomaly Indices (RAI), which help monitor the degree of severity and duration of dry and rainy periods, allowing for the assessment of impacts that the global climate causes on local rainfall distribution. This study aimed to be the temporal and spatial analysis of rainfall using the IAC in three different municipalities, one in the state of São Paulo and two in Minas Gerais, highlighting the years of drought and rain. For this study, the municipalities of Bebedouro (SP), Uberaba, and Frutal (MG) were selected at annual and inter-annual scales. Precipitation data from the historical series of each locality were obtained through the NASA POWER system. Of the 30 years analyzed, all three cities showed both positive and negative anomalies, with Bebedouro presenting 17 extreme years, Frutal 23 extreme years, and Uberaba 22 extreme years. From the RAI, it is observed that the last nine years were excessively dry in all three cities, likely impacted by climate change. In this context, it is concluded that monitoring meteorological events is necessary to assist farmers and decision-makers in order to reduce losses and adverse climate effects.

Keywords: Climate variations, Rainfall Anomaly Index, extreme events and degree of severity.

Resumen

El estudio del clima se há intensificado desde el siglo XX con el objetivo de verificar las variaciones climáticas en el espacio/tiempo en todo el territorio brasileño. Los eventos extremos de precipitación pluviométrica son investigados por parte de la comunidad científica internacional debido a los perjuicios socioeconómicos causados por el exceso o la escasez de lluvias en diversas regiones del mundo. Una de las formas de estudiar la precipitación pluviométrica es a través de los Índices de Anomalía de Lluvia (IAL), que ayudan a monitorear el grado de severidad y duración de los períodos secos y lluviosos, permitiendo averiguar los impactos que el clima global causa sobre la distribución pluviométrica local. El objetivo de este trabajo fue el análisis temporal y espacial de las precipitaciones mediante el Índice de Clasificación Intergubernamental IAC en tres municipios diferentes, uno en el estado de São Paulo y dos en Minas Gerais, destacando los años de sequía y lluvia. Para este estudio se seleccionaron los municipios de Bebedouro (SP), Uberaba y Frutal (MG) en escala anual e interanual. Los datos de precipitación de las series históricas de cada localidad fueron obtenidos a través del sistema NASA POWER. De los 30 años analizados, las tres ciudades presentaron anomalías tanto positivas como negativas, siendo 17 años extremos para Bebedouro, 23 años extremos para Frutal y 22 años extremos para Uberaba. A partir del IAL se observa que los últimos nueve años fueron excesivamente secos en las tres ciudades, probablemente impactados por el cambio climático. En este contexto, se concluido

que es necesario el monitoreo de eventos meteorológicos para auxiliar a agricultores y tomadores de decisiones a fin de reducir las pérdidas y los efectos adversos al clima.

Palabras clave: Variaciones climáticas, Índice de Anomalía de Precipitación, eventos extremos y grado de severidad

1. Introdução

A variabilidade climática é resultado de um processo complexo da dinâmica da atmosfera e de influências externas ao planeta como as mudanças solares. Vale ressaltar que mesmo dependendo dessa dinâmica, são as escalas locais e regionais que sentirão maiores impactos da variabilidade climática que nos últimos anos vem sendo modificadas também com o avanço das mudanças climáticas (Costa & Queiroz, 2021). Entre os elementos meteorológicos, a precipitação pluviométrica é extremamente importante para o ciclo hidrológico e uma entre as variáveis mais importantes do meio ambiente. O excesso, a escassez, a distribuição temporal, a intensidade das chuvas, são algumas entre as principais características que afetam de forma direta ou indireta a população, meio ambiente e a economia (Brito et al., 2022).

O monitoramento de períodos secos ou chuvosos e da variabilidade espaço-temporal da precipitação são necessários em função da disponibilidade hídrica influenciar nas atividades humanas, ambientais e sociais. Tais como, em função da existência de inúmeros projetos de irrigação implantados e a serem implantados ao longo dos principais rios; o abastecimento de água das grandes cidades depende do escoamento dos rios ou indiretamente do volume acumulado nas barragens; a maioria das culturas agrícolas depende exclusivamente da regularidade das chuvas e a possibilidade de uso de água subterrânea é pequena quando comparada ao da água superficial (Freitas, 2005).

As condições climáticas na região do presente estudo estão em constante mudança, sofrendo influência de diversos fatores como a interferência humana e os fenômenos naturais (Fuzzo et al., 2024). A influência dos fenômenos naturais tem ocasionado irregularidades climáticas, colaborando expressivamente para os impactos ambientais (Araujo et al., 2024). Com as alterações na precipitação pluviométrica devido às mudanças climáticas, levando a aumento significativo de eventos extremos de secas e úmidos (Alves et al., 2016), a necessidade de um melhor conhecimento e interpretação das escalas da variabilidade pluviométricas, que podem ser efetuadas, por meio de índices.

Dessa maneira, é importante estudar a ocorrência de anomalias e a distribuição de chuva para cada região, afim de mitigar os efeitos negativos causados pela má distribuição de chuvas, sendo assim o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é utilizado para verificar as irregularidades climáticas, sendo considerado um método eficiente e preciso (Araújo et al.,

2024). O índice de anomalia de chuva é uma metodologia que vem sendo aplicada e difundida para caracterizar os períodos extremos (seco e chuvoso), assim como as diferentes intensidades desses eventos no tempo e no espaço. Um ponto crucial no emprego de um índice como tal, assim como de qualquer outro índice climático, reside na escolha do patamar a ser estabelecido para a definição de um período de seca. Outra vantagem do IAC é que, diferentemente de outros índices, ele necessita apenas de dados de precipitação e é de fácil estimativa. Sendo uma informação que contribui para estudos de verificação dos impactos do clima global sobre a vulnerabilidade da distribuição pluviométrica no planeta (Araújo *et al.*, 2009).

A climatologia utiliza o Índice de Anomalia de Chuva afim de analisar a variabilidade pluvial, ou seja, verificar se a precipitação em um período específico está superior, inferior ou dentro do normal quando comparada com à média histórica de uma determinada região, além de analisar a frequência e a intensidade dos anos secos e chuvosos. Tal índice é responsável por quantificar as anomalias de chuva em termos de desvio padrão, para que assim seja possível identificar as condições como estiagens ou chuvas excessivas (Noronha; Hora.; Silva, 2016).

Em razão da precipitação pluviométrica ser uma das variáveis meteorológicas de maior importância para a sociedade e que influencia diretamente as atividades humanas é importante o seu estudo para fundamentar as tomadas de decisões, especialmente no planejamento agrícola de uma localidade visto que o seu excesso (enchentes) ou escassez (secas) ocasionam danos socioeconômicos e ambientais significativos.

Amplos ecossistemas podem ter interações ecológicas de modo expressivo a climatologia e a hidrologia por meio das trocas de carbono e água com a atmosfera. Logo, deve-se obter mais observações e entendimentos de diferentes escalas espaço-temporais (temperatura, evapotranspiração, caracterização da área, entre outros), inclusive frequência de eventos extremos para assim obter características da área e possuir um entendimento expressivo das condições microclimáticas em determinados lugares, auxiliando no planejamento local (Giorgio; Ragosta; Telesca, 2017).

Por fim, salienta-se que o conhecimento das variações climáticas, pode ajudar aos detentores de grandes projetos agrícolas a realizarem um planejamento bem criterioso na hora de efetuar o cultivo e manejo das plantas a fim de reduzir as perdas por efeitos adversos ao clima.

Objetivou-se determinar do Índice de Anomalia de Chuva para os municípios de Bebedouro (SP), Frutal (MG) e Uberaba (MG), como ferramenta na verificação de alterações nos padrões climáticos de chuva do local.

2. Material e Métodos

Para este trabalho foram selecionados três municípios, uma cidade do estado de São Paulo e duas no estado de Minas Gerais. O município de Bebedouro, localizado no interior do estado de São Paulo e à cerca de 380 km da capital com as coordenadas 20° 56' 56" S (latitude) e 48° 28' 44" O (longitude) com uma população de 76.373 habitantes, Frutal, município do interior do estado de Minas Gerais, localizado na microrregião de mesmo nome com as coordenadas 20° 01' 30" S (latitude) e 48° 56' 27" O (longitude) com uma população de 58.588 habitantes e Uberaba, localizado no Triângulo Mineiro no interior do estado de Minas Gerais a cerca de 481 km da capital com as coordenadas 19° 44' 52" S (latitude) e 47° 55' 55" O (longitude) (IBGE, 2010). Em relação ao bioma dessas regiões, a predominância é o Cerrado em transição com Mata Atlântica. A escolha desses municípios se deve em função de terem economia essencialmente voltada a agropecuária, área de grande importância econômica no Brasil e sujeita as variações climáticas (IBGE, 2010).

Para os anos de 1992 a 2021, os dados climáticos, foram obtidos por meio do sistema NASA POWER (<https://power.larc.nasa.gov>), essa ferramenta é responsável por reunir informações de diferentes fontes de dados. (Júnior; Valeriano; De Souza Rolim, 2019). Para 2022 os dados foram obtidos da estação meteorológica pertencente a Rede Agrometeorológica do Triângulo Mineiro Sul.

O índice anual da anomalia de chuva foi realizado com o intuito de analisar as anomalias positivas e as negativas do histórico de precipitação para que se possa desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos ou chuvosos, com informações anuais, sazonais ou mensais, com as quais se pode conhecer profundamente a climatologia de uma região, e verificar os impactos que o clima global causa sobre a distribuição pluviométrica local, ou seja, a regionalização da precipitação para determinado local (Silva, 2009).

A metodologia utilizada para determinar o IAC foi a proposta por Rooy (1965) e posteriormente adaptada por Cury *et al.* (2018), para obter as anomalias tanto negativas como positivas da série histórica de precipitação, Equação 1 e 2.

$$IAC = 3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad \text{para anomalias positivas, (1)}$$

$$IAC = -3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad \text{para anomalias negativas, (2)}$$

Onde:

IAC – Índice de anomalia de chuva;
N – Precipitação total do ano que será gerado o IAC (mm);
 \bar{N} – Precipitação anual média da série histórica (mm);

\bar{M} – Média das dez maiores precipitações da série histórica (mm);

\bar{X} – Média das dez menores precipitações da série histórica (mm).

A análise de (IAC) anual para os anos secos e úmidos, foi realizada de acordo com a classificação elaborada por Araújo *et al.* (2009). Os valores de índice de anomalia de chuva foram classificados em categorias: excessivamente seco, muito seco, seco, chuvoso, muito chuvoso, excessivamente chuvoso (Tabela 1).

Tabela 1. Classe de intensidade do índice de anomalia de chuva (IAC). **Fonte:** Araújo *et al.* (2009)

IAC	Classe de Intensidade
≥ 4	Excessivamente Chuvoso
$2 > 4$	Muito Chuvoso
$0 > 2$	Chuvoso
$0 < -2$	Seco
$-2 < -4$	Muito Seco
≤ -4	Excessivamente Seco

Tendo em vista a variação interanual da precipitação, foi determinada a tendência do índice de anomalia de chuva (IAC), por meio do teste Mann-Kendall (M-K), que é um teste não-paramétrico e sequencial, sendo apropriado para a análise de tendências e/ou mudanças em séries temporais.

A presença de uma tendência estatisticamente significativa na série temporal foi avaliada utilizando o valor da estatística Z, sendo esse o parâmetro de saída da estatística M-K. Valores positivos de Z indicam tendências crescentes, enquanto valores negativos denotam tendências decrescentes (Tabela 2).

Tabela 2. Teste de significância de Mann-Kendal. **Fonte:** Alves *et al.* (2022)

Significância	Z
Sem tendência	0
Tendência significativa crescente	$>+1.96$
Tendência significativa decrescente	<-1.96
Tendência não significativa crescente	$<+1.96$
Tendência não significativa decrescente	>-1.96

3. Resultados e Discussão

A variabilidade interanual da precipitação foi identificada pelo índice de anomalia de chuva (IAC), por ano no período de 30 anos, para cada uma das cidades estudadas na presente pesquisa.

Para Bebedouro (SP) a partir do ano de 2016 o IAC diminuiu drasticamente, sendo considerada uma anomalia negativa, o que significa que a precipitação nesses anos foi abaixo da normal histórica no município (Figura 1).

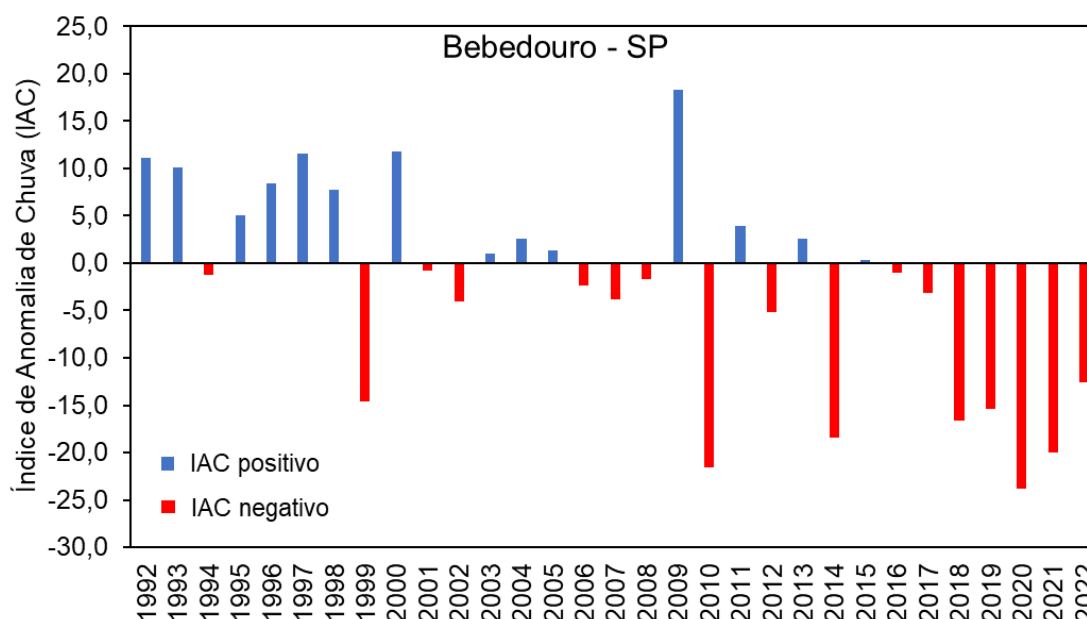


Figura 1. Índice de anomalia de chuva no município de Bebedouro -SP. **Fonte:** Os autores, 2025.

Quando comparados os 30 anos, apenas 14 tiveram anomalias positivas (Figura 1). Somente os anos 1992, 1993, 1997, 2000 e 2009 apresentaram chuvas acima da normal climatológica. É notável que a partir do ano de 2016 o IAC apenas reduziu, refletindo um possível período de seca na região, principalmente quando comparado com os anos anteriores, possivelmente ação das mudanças climáticas.

Alguns fenômenos climáticos interferiram na variabilidade da precipitação, assim como ocorreu o El Niño nos anos de 1997 e 1998, ocasionando um aumento considerável de chuvas no sul do Brasil e secas severas no Nordeste. O fenômeno do El Niño também impactou nas culturas agrícolas durante os anos de 2015 e 2016, devido a distribuição irregular das chuvas (Júnior; Casola, 2024).

Além disso, entre os anos de 1999 a 2001 e de 2020 a 2021 ocorreu a La Niña, causando efeitos notáveis na agricultura. Entre os anos de 1999 e 2001 o fenômeno causou um período de seca no sudeste do país, evidenciando o forte IAC negativo apresentado nos municípios estudados. Esses fenômenos em conjunto, afetaram a variabilidade anual na média da precipitação do país, incidindo diretamente na agricultura e na gestão de recursos (Junior; Casola, 2024).

Em relação ao município de Frutal (MG) o IAC reduziu, a partir do ano de 2014 (Figura 2), quando comparado com os anos de 1992 e 1993 que apresentaram (IAC) positivo a

diferença foi significativa. O ano de 1993 foi ano que apresentou maior valor de IAC, chegando a 15,0, sendo considerado como extremamente úmido. Por outro lado, em 2020, foi o ano com o menor valor, atingindo quase -30,0, classificado como extremamente seco.

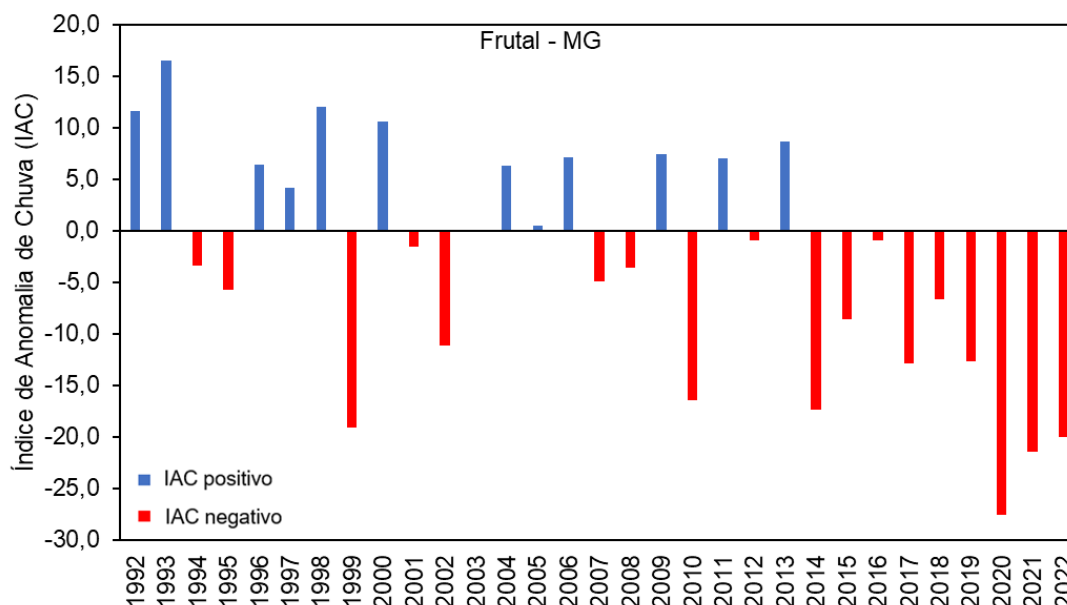


Figura 2. Índice de anomalia de chuva no município de Frutal-MG. **Fonte:** Os autores, 2025.

O ano de 2020 apresentou o menor índice de anomalia da chuva, fato que pode ser explicado devido a ocorrência da La Niña durante esse período. Além disso, observou-se que nos últimos nove anos de avaliações a predominância foi de IAC negativos com intensidades maiores. Esse decréscimo pode ser explicado devido as mudanças climáticas ocorridas, resultantes de fenômenos naturais e antrópicos. Entre 2020 e 2021 ocorreu o fenômeno La Niña, resultando no aumento de chuvas no norte, causando cheias em rios como o Amazonas e afetando comunidades ribeirinhas e a agricultura. No Nordeste, a região sofreu com chuvas acima da média, resultando em inundações e problemas como deslizamentos de terra. Já no Sul, o La Niña causou estiagem e temperaturas elevadas, prejudicando a produção agrícola e a pecuária, especialmente no período de inverno. E finalmente para o Sudeste, a região apresentou um padrão de chuvas menos definido, com tendência a temperaturas mais amenas e secas em algumas áreas, afetando a agricultura (Duarte; Ribeiro, 2023).

O município de Uberaba (MG) apresentou decréscimo mais acentuado no índice de anomalias da chuva, sendo considerado com a menor precipitação pluvial entre os três municípios analisados. Quando comparado os 30 anos, o ano de 1992 apresentou um IAC superior a 20,0, sendo um dos poucos anos classificados como extremamente úmido. Assim como nos municípios anteriores, o ano de menor valor entre os anos extremamente secos foi

2020. Apenas 13 dos 30 anos analisados apresentaram o IAC positivo e somente 3 anos exibiram um índice maior do que 10,0.

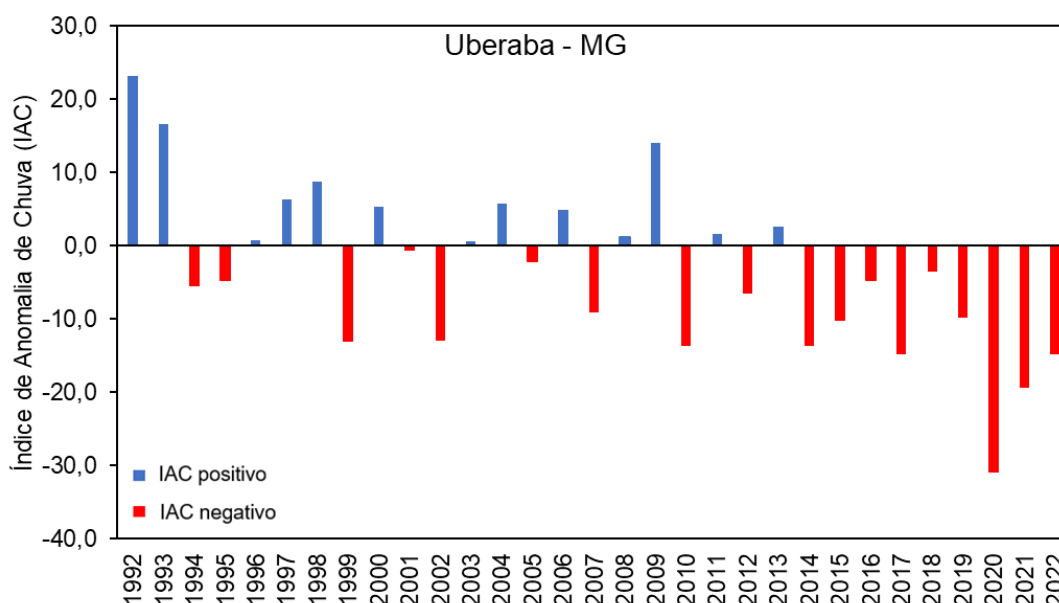


Figura 3. Índice de anomalia de chuva no município de Uberaba-MG. **Fonte:** Os autores, 2025.

Na Figura 3 é possível observar que apenas os anos de 1992, 1993 e 2008 revelam anomalias expressamente positivas, considerados como anos extremamente úmidos. Por outro lado, os anos de 1996, 1997, 1998, 2000, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2011 e 2013 também apresentaram anomalias positivas, mas com um IAC abaixo do previsto, considerados anos úmidos. Com relação aos anos de 2014 até 2020 as anomalias negativas estiveram mais presentes classificando períodos de seca.

Vieira *et al.* (2024) observaram, para municípios do Triângulo Mineiro Sul, uma intensificação da falta de água no solo, principalmente entre os meses de abril a outubro, os autores relatam que medidas devem ser adotadas para não provocar prejuízos principalmente para as atividades que dependem deste recurso, como a agricultura.

Em função da presença de anomalias negativas nos últimos anos analisados, foi realizado o teste de tendência de Mann-Kendall (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de tendência do índice de anomalia de chuva (IAC). **Fonte:** Os autores, 2025.

	Bebedouro -SP	Frutal-MG	Uberaba-MG
Z	-4,15	-3,73	-3,65
Tendência	TSD	TSD	TSD

*TSD – tendência significativa decrescente

A partir do teste de Mann-Kendall aplicado para o período analisado, foi detectado valores de Z inferiores a -1,96 (Tabela 3), ou seja, constata-se que há tendência significativa decrescente no índice de anomalia de chuva para os três municípios. Tal fato pode ter ocorrido em função da variação climática decorrente do aumento das mudanças climáticas e a ocorrência de fenômenos naturais (Tomita; Oliveira; Hernandez, 2023). Corroborando com os resultados, Boldrin *et al.* (2025), estudando o efeito da mudança do uso da terra na precipitação para a região do Triângulo Mineiro, observou tendência decrescente no padrão de chuva. Os autores sugerem que a intensificação do uso da terra afeta significativamente os padrões regionais de precipitação. Diante disso, a adoção de práticas mais sustentáveis de gestão da terra são necessários para a resiliência climática regional.

A Tabela 4 abaixo, exhibe a classificação do Índice de Anomalia de Chuva dos anos avaliados, classificando-os de acordo com a precipitação média anual em: extremamente chuvoso (EC), muito chuvoso (MC), chuvoso (C), seco (S), muito seco (MS) e extremamente seco (ES).

Tabela 4. Classificação do índice de anomalia de chuva para as três regiões estudadas.

Ano	Bebedouro -SP		Frutal-MG		Uberaba-MG	
1992	11,06	EC	11,60	EC	23,16	EC
1993	10,11	EC	16,56	EC	16,67	EC
1994	- 1,25	S	-3,35	MS	-5,56	ES
1995	5,06	EC	-5,77	ES	-4,67	ES
1996	8,39	EC	6,44	EC	0,73	C
1997	11,60	EC	4,13	EC	6,30	C
1998	7,78	EC	12,05	EC	8,78	EC
1999	-14,63	ES	-19,09	ES	-13,14	ES
2000	11,79	EC	10,59	EC	5,40	EC
2001	-0,78	S	-1,56	S	-0,69	S
2002	-4,00	MS	-11,10	ES	-12,99	ES
2003	0,99	C	-0,07	S	0,63	C
2004	2,60	MC	6,33	EC	5,81	EC
2005	1,29	C	0,48	C	-2,04	MS
2006	-2,42	MS	7,12	EC	4,90	EC
2007	-3,79	MS	-4,86	E	-9,08	ES
2008	-1,65	S	-3,60	MS	1,28	C
2009	18,23	EC	7,49	EC	14,10	EC
2010	-21,60	ES	-16,47	ES	-13,66	ES
2011	3,93	MC	6,99	EC	1,57	C
2012	-5,20	ES	-0,92	S	-6,47	ES
2013	2,56	MC	8,65	EC	2,61	MC
2014	-18,42	ES	-17,34	ES	-13,64	ES
2015	0,36	C	-8,57	ES	-10,24	ES
2016	-1,07	S	-0,93	ES	-4,68	ES
2017	-3,19	MS	-12,89	ES	-14,64	ES
2018	-16,59	ES	-6,62	ES	-3,48	MS
2019	-15,41	ES	-12,64	ES	-9,78	ES
2020	-23,80	ES	-27,53	ES	-31,00	ES

2021	-20,05	ES	-21,43	ES	-19,43	ES
2022	-12,54	ES	-20,01	ES	-14,84	ES

Fonte: Os autores, 2025.

Observou-se que para as três regiões objeto de estudo, os anos de 1992 e 1993 foram os anos com maiores totais pluviométricos, considerados como anos excessivamente chuvosos. Comparando os dados da tabela, os anos de 1994 e 1995 apresentaram índices negativos, os fenômenos naturais o El Niño e a La Niña, ocorrentes nesse período podem ser uma justificativa para esse fator, assim como aconteceu nos anos de 1998 e 1999. Segundo Minuzzi et al. (2007) em anos com influência de Lã Nina a região do Triângulo Mineiro é atingida pelo atraso na estação chuvosa, tal fato é evidenciado pelos IAC negativos, como nos anos de 1999, 2007, 2010, 2020, 2021 e 2022.

Para os anos com anomalias extremas, tanto extremamente chuvoso quanto extremamente seco, foram mais frequentes nas três cidades, no município de Bebedouro, dos 30 anos analisados 17 apresentaram índice extremo, em Frutal foram 24 anos de anomalias extremas e em Uberaba 22 anos. Assim, as categorias seco e chuvoso, consideradas menos severas de intensidade, não foram frequentes nessas cidades.

Em trabalho realizado por Ferreira *et al.* (2022), ao analisar o IAC para a região da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós, localizado no Pará, Mato Grosso e Amazônia, observaram que os anos mais secos foram 1992 e 1998 onde ocorreu forte influência do El Niño. Como também, dos anos avaliados apenas 4 tiveram influência neutra de fenômenos naturais como El Niño e La Niña, dos quais: 1981, 1990, 1993 e 2013. Já nos anos de 2009 e 2010 classificados como extremamente úmidos ocorreu o efeito La Niña fraco e forte respectivamente.

Analisando o índice de anomalia de chuva para Ribeirão Preto (SP), Araújo et al. (2024) observaram correspondência entre as anomalias positivas e negativas com os períodos de ocorrência de El Niño e La Niña, além disso os autores identificaram aumento dos anos secos na última década como observado no presente trabalho. Corroborando com os resultados Silva et al. (2024) identificou para Lençóis (BA) a predominância de chuvas abaixo da média desde 2010. Diante disso, a análise da precipitação por meio do IAC mostra-se como uma ferramenta importante no planejamento e manejo de atividades econômicas e ambientais que envolvem recursos hídricos.

4. Considerações Finais

A pesquisa demonstrou que a utilização do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) garante resultados satisfatórios referentes a variação da chuva, podendo ser utilizado como uma

ferramenta para o acompanhamento interanual da precipitação pluviométrica de regiões, nas quais é possível através dele, determinar mudanças em seu regime de chuvas, como o predomínio de anos secos.

Nos 30 anos da série histórica nas áreas estudadas, ocorreu variabilidade na distribuição da pluviosidade, porém a partir de 2014 para Frutal-MG e Uberaba-MG e de 2016 para Bebedouro-SP ocorreram apenas anos excessivamente secos, encontrando tendência significativa decrescente no IAC, possivelmente em função da ação das mudanças climáticas e atuação de fenômenos naturais.

O monitoramento de eventos meteorológicos de redução e/ou aumento das chuvas pode auxiliar aos detentores de grandes projetos agrícolas, abastecimento de água e outros a realizar um planejamento criterioso na hora de efetuar o cultivo e manejo das ações, afim de reduzir as perdas por efeitos adversos ao clima.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e bolsa ao primeiro autor.

Referências

- ALVES, M. P. A.; ZAVATTINI, J. A.; MINUZZI, R. B. Ondas de frio e impactos na produtividade da maçã São Joaquim (SC-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 817–844, 2022. <https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.15309>
- ALVES, J. O.; CALDAS PEREIRA, P.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; SILVA FERREIRA, J. M.; JÚNIOR, G. D. N. A. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do Estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, v. 14, n. 1, p. 37-47, 2016. <https://doi.org/10.21576/pa.2016v14i1.4>
- ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Ambiente & Água**, v. 4, n. 3, p. 93-110, 2009. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.105>.
- ARAÚJO, E., GONÇALVES, G. G.; QUEIROZ, M. G.; REIS, J. M. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) aplicado a análise das precipitações em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Revista GeoNordeste**, v. 35, n. 1, 2024. <https://doi.org/10.33360/RGN.2318-2695.2024.i1.p.178-191>
- BRITO, H. C.; BRITO, Y. M. A.; RUFINO, I. A. A. O índice de segurança hídrica do Brasil e o semiárido brasileiro: desafios e riscos futuros. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 1, 2022. <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv74n1-60928>
- BOLDRIN, A. C. D.; FUZZO, B. E.; FISCHER FILHO, J. A.; FUZZO, D. F. S. Remote Observation of the Impacts of Land Use on Rainfall Variability in the Triângulo Mineiro (Brazilian Cerrado Region). **Remote Sensing**, v. 17, p. 2866, 2025. <https://doi.org/10.3390/rs17162866>
- CARVALHO, M. W. L.; TEIXEIRA, M. A. C. M.; CORREA, W. C.; CORTEZ, C. T.; SILVA, A. C. Variabilidade pluviométrica e índice de anomalia de chuvas em municípios do Piauí. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v.27, e71043, p 1-19, 2023. <https://doi.org/10.5902/2236499471043>.

COSTA, R. A.; DE QUEIROZ, A. T. Avaliação da tendência da precipitação no município de Campina Verde (MG) durante o período de 1976 a 2020. **ENTRE-LUGAR**, v. 12, n. 24, p. 192-208, 2021. <https://doi.org/10.30612/rel.v12i24.15138>

CURY, M. D.; PEZENTE, D. P.; SUTIL, T.; MENEGASSO, J. D. Análise do índice de anomalia de chuva (IAC) aplicado à bacia hidrográfica do rio Urussanga/SC. **Tecnologia e Ambiente**, v. 24, p. 71-80, 2018. <https://doi.org/10.18616/ta.v24i0.4381>

DUARTE, M. L.; RIBEIRO, A. Influência do El Niño e La Niña na produtividade de plantios de Eucalipto em distintas regiões no Brasil. **Ciência Florestal**, v. 33, p. e61334, 2023. <https://doi.org/10.5902/1980509861334>.

FERREIRA, L. C. V.; BATISTA, G. R.; COSTA, C. E. A. S.; MIRANDA, S. B. A. DIAS, G. F. M. Os índices de anomalia de chuva e sua relação com o El Niño oscilação sul na bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i17.38004>

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**, p. 84-95, 2005. <https://doi.org/10.5020/23180730.1998.1175>

FUZZO, D. F. S., ASSUNÇÃO, F. J. M., FUZZO, B., FISCHER FILHO, J. A. Tendências e padrões de variação em séries temporais de temperatura do ar e precipitação na microrregião de Frutal-MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 3, p. 1977-1991, 2024. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.3.p1977-1991>

GIORGIO, G. A.; RAGOSTA, M.; TELESCA, V. Application of a multivariate statistical index on series of weather measurements at local scale. **Measurement**, v. 112, p. 61-66, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.08.005>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo e Mapas 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=to>>. Acesso em: 06/07/2025.

JÚNIOR, W. M.; VALERIANO, T. T. B.; DE SOUZA, R. G. EVAPO: A smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 156, p. 187-192, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.032>

JÚNIOR, E. F.; CASOLA, L. D. R. Secas na região geoeconômica centro-sul do Brasil (de 2020 a 2022): uma discussão teórica. **Revista Foco**, v. 17, p.e6478-e6478, 2024. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n10-061>

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, J. M. N. D.; VIANELLO, R. L. Influência da La Niña na estação chuvosa da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 345-353, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862007000300008>

NORONHA, G. C.; HORA, M. A. G. M.; SILVA, L. P. Análise do índice de anomalia de chuva para a microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 74-8, 2016. <https://doi.org/10.1590/0102-778620140160>

ROOY, M.P.; VAN. A. Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space. **Notos**, v. 14, p. 1- 43, 1965.

SILVA, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, agroecômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. 2009. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SILVA, P. R. C.; AQUINO, D. S.; SANCHES, K. S.; CORDEIRO, L. L. Análise das anomalias de chuvas anuais nos municípios de Lençóis e Morro do Chapéu, Chapada Diamantina, Bahia, entre 1980 e 2021.

Perspectivas da Ciência e Tecnologia, v. 16, p. 1-11, 2024. <https://doi.org/10.22407/1984-5693.2024.v16.p.20241605>

TOMITA, L. N.; OLIVEIRA, D. A.; HERNANDEZ, F. B. T. **A influência do clima na produção de citros na cidade de Sud Mennucci - SP.**In: VIII Inovagri International Meeting; XXXII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem ,2023 ,Fortaleza - CE. Anais do VIII Inovagri Meeting,Fortaleza - CE : Inovagri Meeting, 2023.

VIEIRA, J. C. A.; ROSA, G. B.; FUZZO, D. F. S.; FISCHER FILHO, J. A. Balanço Hídrico Climatológico e Calibração do Sistema Nasa Power para a Região Sul do Triângulo Mineiro, Brasil. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 13, n. 4, p. 75-87, 2024. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2024v13i4.p75-87>