REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

ANÁLISE INTEGRADA DO BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA NO CERRADO GOIANO: ESTUDO DE CASO EM IPAMERI

INTEGRATED ANALYSIS OF WATER BALANCE AND CLIMATE CLASSIFICATION IN THE GOIÁS CERRADO: A CASE STUDY IN IPAMERI

ANÁLISIS INTEGRADO DEL BALANCE HÍDRICO Y LA CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA EN EL CERRADO GOIANO: ESTUDIO DE CASO EN IPAMERI

Eliton Sancler Gomes Sales
Doutor em Meteorologia, Universidade Estadual de Goiás, Goiás
E-mail: eliton.sancler@ueg.br

Emanuella Martins Dias Simão
Graduanda em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás, Goiás
E-mail: emanuella.237@aluno.ueg.br

Maria Erlan Inocêncio
Doutora em Geografia, Universidade Estadual de Goiás, Goiás
E-mail: maria.inocencio@ueg.br

Cleiton Gredson Sabin Benett
Doutor em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás, Goiás
E-mail: cleiton.benett@ueg.br

Katiane Santiago Silva Benett
Doutora em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás, Goiás
E-mail: katiane.benett@ueg.br

Talles Eduardo Borges Dos Santos
Doutor em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás, Goiás
E-mail: talles.santos@ueg.br

Alcione da Silva Arruda
Doutora em Genética e Bioquímica, Universidade Estadual de Goiás, Goiás
E-mail: alcione.arruda@ueg.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

Resumo

O município de Ipameri-GO destaca-se pelo seu potencial agrícola no sudeste de Goiás, porém, a irregularidade das chuvas e os períodos de estiagem prolongada impõem desafios à agricultura de sequeiro. Diante disso, este estudo teve como objetivo calcular o balanço hídrico climatológico e realizar a classificação climática utilizando duas metodologias: de Köppen (1936) e a partir de valores obtidos dos índices: hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu) proposto pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para Ipameri-GO, utilizando dados de precipitação e temperatura climatológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET no período de 1991-2020. A precipitação total anual foi de 1481,8 mm, com um padrão sazonal bem definido: 80,2% da chuva concentra-se entre novembro e março (período chuvoso), com excedente hídrico de 539,6 mm, ideal para semeadura e cultivo de sequeiro, sem necessidade de irrigação, enquanto os meses de maio a setembro apresentam os menores acumulados (período seco), com déficit hídrico total de 182,9 mm (total anual de 197,4 mm, incluindo outubro) sendo indicado o cultivo com emprego de irrigação. O mês de abril marca a diminuição da precipitação (92 mm) e transição para o período seco sem excedente hídrico no mês, enquanto em outubro retornam as chuvas de maneira gradual, com total de 108,1 mm, mas ainda com déficit hídrico de 14,5 mm. A temperatura média anual foi de 22,9 °C, com o mês mais quente sendo outubro (25,1 °C) e junho o mais frio (19,8 °C). A classificação climática de Köppen identificou o tipo de clima Aw (tropical com estação seca no inverno), e a de Thornthwaite e Mather como B1 w A' b'4 (megatérmico úmido com deficiência hídrica moderada no inverno). Os resultados destacam a importância do planejamento agrícola e da adoção de práticas de irrigação sustentáveis para uma gestão eficiente dos recursos hídricos diante dos impactos da estação seca, garantindo a segurança hídrica e a produtividade das culturas.

Palavras-chave: Climatologia; Cerrado; Variabilidade Climática; Planejamento Agrícola.

Abstract

The municipality of Ipameri, Goiás State, stands out for its agricultural potential in southeast Goiás, however, irregular rainfall and prolonged dry periods pose significant challenges to rainfed agriculture. In this context, this study aimed to calculate the climatological water balance and to perform climate classification using two methodologies: Köppen (1936) and the approach based on the moisture index (Ih), aridity index (Ia), and humidity index (Iu) proposed by Thornthwaite and Mather (1955) for Ipameri-GO, using climatological precipitation and air temperature data provided by the Brazilian National Institute of Meteorology (INMET) for the period 1991–2020. The total annual precipitation was 1481.8 mm, with a well-defined seasonal pattern, in which 80.2% of the rainfall occurs between November and March (rainy season), resulting in a water surplus of 539.6 mm, which is favorable for sowing and rainfed crop development without the need for irrigation. In contrast, the months from May to September showed the lowest rainfall totals (dry season), with a total water deficit of 182.9 mm (annual total of 197.4 mm, including October), indicating the need for

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

irrigation to support crop production. April marks the decrease in rainfall (92 mm) and the transition to the dry period, without water surplus, while in October rainfall gradually returns, totaling 108.1 mm, although still presenting a water deficit of 14.5 mm. The mean annual air temperature was 22.9 °C, with October being the warmest month (25.1 °C) and June the coldest (19.8 °C). According to the Köppen climate classification, the climate of the municipality is classified as Aw (tropical climate with a dry winter), while the Thornthwaite and Mather classification identified the climate as B1 w A' b'4 (humid megathermal climate with moderate water deficiency in winter). The results highlight the importance of agricultural planning and the adoption of sustainable irrigation practices to ensure efficient water resource management during the dry season, thereby guaranteeing water security and crop productivity.

Keywords: Climatology; Cerrado; Climate Variability; Agricultural Planning.

Resumen

El municipio de Ipameri, en el estado de Goiás, se destaca por su potencial agrícola en el sureste de Goiás, sin embargo, la irregularidad de las precipitaciones y los períodos prolongados de sequía representan desafíos para la agricultura de secano. En este contexto, el objetivo de este estudio fue calcular el balance hídrico climatológico y realizar la clasificación climática mediante dos metodologías: la de Köppen (1936) y la basada en los índices hídrico (Ih), de aridez (Ia) y de humedad (Iu), propuestos por Thornthwaite y Mather (1955) para Ipameri-GO, utilizando datos climatológicos de precipitación y temperatura del aire proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología de Brasil (INMET) para el período 1991–2020. La precipitación total anual fue de 1481,8 mm, con un patrón estacional bien definido, en el que el 80,2% de las lluvias se concentra entre noviembre y marzo (período lluvioso), generando un excedente hídrico de 539,6 mm, favorable para la siembra y el desarrollo de cultivos de secano sin necesidad de riego. Por otro lado, los meses de mayo a septiembre presentaron los menores acumulados de precipitación (período seco), con un déficit hídrico total de 182,9 mm (total anual de 197,4 mm, incluyendo octubre), lo que indica la necesidad de utilizar riego para la producción agrícola. El mes de abril marca la disminución de las precipitaciones (92 mm) y la transición hacia el período seco, sin excedente hídrico, mientras que en octubre las lluvias regresan de forma gradual, con un total de 108,1 mm, aunque aún con un déficit hídrico de 14,5 mm. La temperatura media anual del aire fue de 22,9 °C, siendo octubre el mes más cálido (25,1 °C) y junio el más frío (19,8 °C). La clasificación climática de Köppen identificó el clima del municipio como Aw (clima tropical con estación seca en invierno), mientras que la clasificación de Thornthwaite y Mather lo definió como B1 w A' b'4 (clima megatérmico húmedo con deficiencia hídrica moderada en invierno). Los resultados resaltan la importancia de la planificación agrícola y de la adopción de prácticas de riego sostenibles para una gestión eficiente de los recursos hídricos frente a los impactos del período seco, garantizando la seguridad hídrica y la productividad de los cultivos.

Palabras clave: Climatología; Cerrado; Variabilidad Climática; Planificación Agrícola.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

1. Introdução

O balanço hídrico (BH) é uma ferramenta essencial para a análise das interações entre precipitação, evapotranspiração e armazenamento de água no solo, fornecendo uma visão detalhada sobre a dinâmica da água em diferentes sistemas. Ele é amplamente utilizado para identificar períodos de excedente ou deficiência hídrica, auxiliando na gestão sustentável dos recursos hídricos em diferentes regiões climáticas (Pereira et al., 2002).

A integração entre o balanço hídrico e a classificação climática permite estimar a evapotranspiração potencial, o armazenamento de água no solo e a deficiência hídrica, aspectos cruciais para a agricultura em regiões sujeitas a períodos de seca, fornecendo uma análise detalhada da disponibilidade hídrica ao longo do ano, fornecendo informações valiosas para entender a variabilidade sazonal e sua influência na agricultura. Esses sistemas são complementares, pois, enquanto o BH fornece uma análise quantitativa da água disponível, a classificação climática oferece uma visão qualitativa dos padrões climáticos da região (Hernandez et al., 2022; Silva et al., 2022).

A aplicação de modelos consagrados, como os propostos por Thornthwaite (1948) e Mather (1955), possibilita estimar variáveis críticas como a evapotranspiração potencial e o armazenamento de água no solo. Esses elementos são cruciais para o planejamento agrícola e para a implementação de estratégias que assegurem a eficiência no uso da água, especialmente em regiões suscetíveis à seca (Beck et al., 2018).

A classificação climática é uma metodologia amplamente utilizada para caracterizar os padrões climáticos de uma região, permitindo identificar os tipos de clima e suas respectivas influências sobre os ecossistemas e as atividades humanas. Entre os sistemas mais conhecidos, destaca-se o de Köppen (1936), que classifica os climas com base em critérios como temperatura e precipitação, e os índices de umidade e aridez propostos por Thornthwaite, que avaliam a relação entre evapotranspiração e precipitação (Thornthwaite, 1948).

Desta maneira, a aplicação conjunta do balanço hídrico e da classificação climática desempenha um papel fundamental na gestão dos recursos naturais e

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

no desenvolvimento agrícola sustentável. Modelos como os de Thornthwaite e Mather (1955) são amplamente utilizados para estimar déficits e excedentes hídricos, proporcionando bases sólidas para a tomada de decisões. Em paralelo, a classificação climática auxilia no planejamento de atividades agrícolas, na escolha de culturas mais adaptadas às condições climáticas locais e na implementação de práticas resilientes frente às mudanças climáticas. Estudos destacam a importância de integrar esses modelos com dados climáticos atualizados para otimizar a gestão da água e garantir a sustentabilidade da produção agrícola, principalmente aquelas de sequeiro (Souza et al., 2023).

A adaptação dessas metodologias às realidades locais, como para o município de Ipameri-GO, se torna relevante por ser uma região agrícola estratégica, com forte dependência das condições climáticas para a agricultura. Devido a distribuição irregular das chuvas e alta taxa de evaporação tornam essencial a análise detalhada do balanço hídrico para identificar períodos críticos de deficiência hídrica. Enquanto a classificação climática se torna crucial, pois oferece subsídios para o desenvolvimento de práticas agrícolas adaptativas. (Alves et al., 2023).

A associação entre os sistemas de classificação climática e o balanço hídrico pode ser utilizada como uma ferramenta refinada a implementação de práticas agrícolas mais resilientes e adaptativas, otimizando o uso dos recursos hídricos em atividades como a irrigação e o manejo sustentável do solo (Allen et al., 1998; Costa et al., 2022; Carvalho et al., 2022; Medeiros et al., 2023; Sales et al., 2023). Através dessa abordagem, é possível elaborar modelos adequados de produção agrícola que ajudem na adaptação da agricultura local de acordo com às condições climáticas daquela região.

Este estudo visa, portanto, calcular o balanço hídrico climatológico e realizar a classificação climática utilizando duas metodologias: de Köppen (1931) e a partir de valores obtidos dos índices: hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu) proposto pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para Ipameri-GO, utilizando dados climatológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET no período de 1991-2020.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

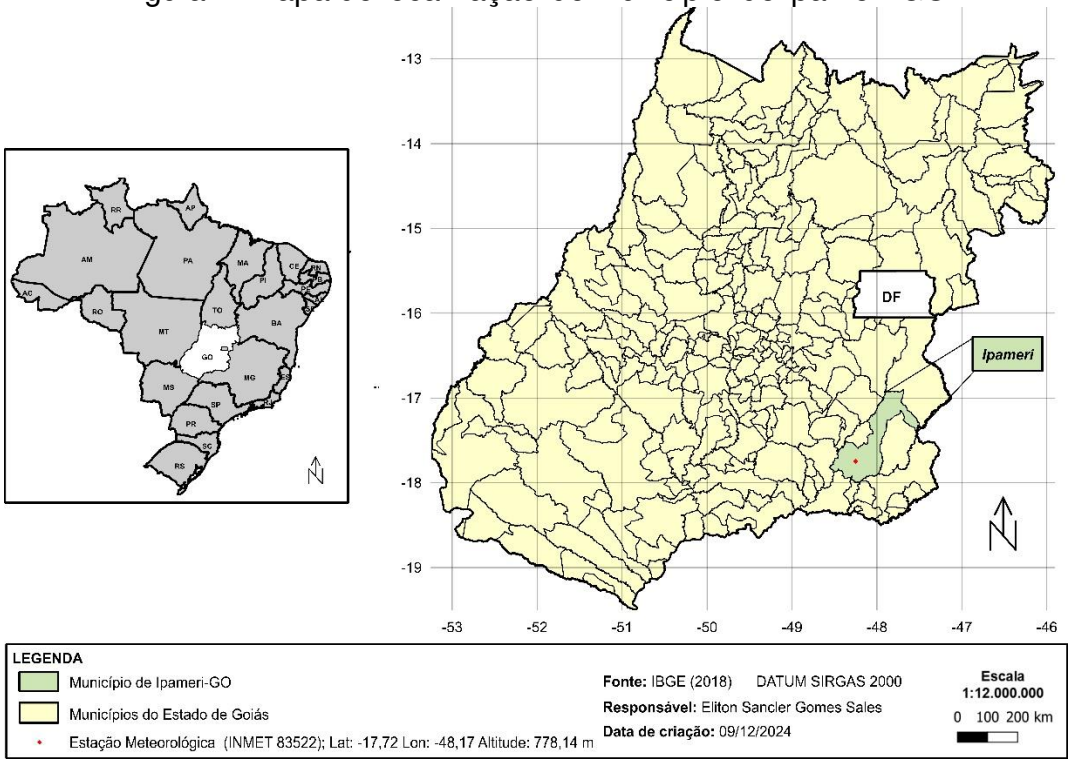
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

2. Metodologia

Área de Estudo

O município de Ipameri, localizado no sudeste do estado de Goiás, Brasil. Ipameri encontra-se entre as coordenadas geográficas aproximadas de 17°43' S de latitude e 48°09' W de longitude, com uma altitude média de 773 metros. A temperatura média anual varia entre 21 °C e 24 °C, enquanto a precipitação anual média gira em torno de 1.300 mm, com a maior concentração pluviométrica durante o verão. O município abrange uma área significativa do bioma Cerrado, caracterizada por solos de grande relevância para atividades agrícolas (IBGE, 2026).

Figura 1. Mapa de localização do Município de Ipameri-GO



Fonte: Elaboradas pelos próprios autores.

Dados

Foi utilizado para elaboração do balanço hídrico climatológico - BHC dados de precipitação total mensal e temperatura média mensal da climatologia 1991- 2020

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação Meteorológica Convencional de Ipameri-GO (83522) com as seguintes coordenadas (Latitude: -17,72, Longitude: -48,17, Altitude: 778,14 m).

Vale destacar que foram utilizados dados climatológicos referentes ao período de 1991–2020, conforme normal climatológica definida pelo INMET. Esse conjunto de dados representa médias mensais calculadas a partir de trinta anos de observações, assegurando consistência estatística e representatividade das condições climáticas médias para todos os meses do ano.

Cálculo do BHC

O BHC foi elaborado com base no método de Thornthwaite e Mather (1955), que utiliza as médias mensais de temperatura do ar e precipitação total mensal da climatologia 1991-2020, adotando o valor de 100 mm (mm de água por cm de solo) para capacidade de água disponível no solo (CAD), normalmente empregado para a classificação climática (Vianelo; Alves, 2012).

Com base no balanço hídrico (BHC), foram estimados a evapotranspiração potencial e real (ETP e ETR), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC) ao longo do período definido, seguindo os procedimentos descritos por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002).

Os cálculos foram realizados por meio de planilhas desenvolvidas no Microsoft Excel, com base na metodologia descrita por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998). Essa ferramenta foi essencial para organizar os dados de forma sistemática, facilitando o processamento e a análise dos resultados, além de contribuir para a identificação de períodos com maior ou menor disponibilidade hídrica em Ipameri-GO.

Classificação Climática de Köppen

Para a determinação dos tipos climáticos, foram utilizadas chaves de classificação baseadas na versão simplificada da classificação climática de Köppen,

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

conforme Setzer (1966). A classificação climática de Köppen baseia-se nos padrões médios de temperatura do ar e na distribuição sazonal da precipitação. A tipologia climática é expressa por letras que representam o tipo climático principal, o regime de chuvas e, quando aplicável, as características térmicas sazonais, permitindo a identificação objetiva do clima de uma região (Tabela 1).

Tabela 1. Chave para a classificação climática de Köppen.

<table>
<tr><th colspan="2">Temperatura média normal</th><th rowspan="2">Total de chuva do mês mais seco (Pms)</th><th rowspan="2">Total de chuva anual (P)</th><th colspan="2" rowspan="2">Descrição do Tipo Clima segundo Köppen</th><th rowspan="2">Símbolo</th></tr>
<tr><th>Mês mais frio</th><th>Mês mais quente</th></tr>
<tr><td rowspan="4">≥18°</td><td rowspan="4">≥22°C</td><td>≥60 mm</td><td></td><td rowspan="2">Tropical</td><td>Sem estação seca</td><td>Af</td></tr>
<tr><td rowspan="3">< 60 mm</td><td rowspan="2"><2500 - 27,27 Pms</td><td rowspan="3">Inverno Seco</td><td>Aw</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tropical com chuvas excessivas</td><td>Am</td></tr>
<tr><td>≥ 2500 - 27,27 Pms</td><td>Cwa</td></tr>
<tr><td rowspan="4"><18°</td><td><22° C</td><td><30 mm</td><td rowspan="4">Subtropical</td><td>Quente</td><td rowspan="2">Cwb</td></tr>
<tr><td>≥22°C</td><td rowspan="3">>= 30 mm</td><td>Temperado</td></tr>
<tr><td rowspan="2"><22° C</td><td>Quente</td><td rowspan="2">Sem estação seca</td><td>Cfa</td></tr>
<tr><td>Temperado</td><td>Cfb</td></tr>
</table>

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

Classificação Climática de Thornthwaite e Mather (1955)

Após a estimativa da (ETP) realizada no BHC, foi realizada a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) (Tabelas 2, 3, 4 e 5), descrito por Ometto (1981), utilizando os índices hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu), conforme propostos pelo método e calculados de acordo com as Equações 1, 2 e 3.

De acordo com os dados obtidos do BHC para o período estudado 1991 - 2020, utiliza-se para calcular o (Ih), relação em percentagem entre o excesso hídrico (mm) e a evapotranspiração potencial (mm), fórmula organizada por Thornthwaite (1948):

$$I_h = \left(\frac{EXC}{ET_p}\right) x100 \quad (1)$$

onde:

Ih – Índice Hídrico;

EXC_{anual} → Excedente de água (mm);

ETp→ Evapotranspiração potencial total anual total anual (mm).

Vale salientar que o índice hídrico (Ih) reflete as condições predominantes ao longo do ano, considerando a alternância entre os períodos secos e chuvosos. Assim, não há registro de seca quando a deficiência hídrica (DEF) não excede 60% do excedente hídrico (EXC) durante a estação chuvosa, resultando em um valor de Ih igual a 0 (Thornthwaite, 1948).

Para calcular o Índice de Aridez (Ia) foi utilizada a fórmula preparada por Thornthwaite (1948).

$$I_a = (\frac{DEF}{ET_p}) x100 \quad (2)$$

onde:

Ia – Índice de aridez de Thornthwaite

DEF_{anual} → Déficit de água na atmosfera total anual (mm);

ETp → Evapotranspiração potencial total anual total anual (mm).

Este índice expressa o déficit hídrico em porcentagem em relação à evapotranspiração potencial. Ele reflete a severidade das condições de seca ao longo do ano, sendo um indicador importante para caracterizar o déficit hídrico e

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

avaliar o impacto das condições climáticas na disponibilidade de água para as plantas e outras atividades dependentes de recursos hídricos (Sales et al., 2023).

Por último, o cálculo do Índice de Umidade (Iu), relaciona os dois índices acima, a expressão que fornece este índice é:

$$Iu = Ih - Ia \quad (3)$$

Foi utilizada a chave inicial da classificação climática, com base no índice de umidade (Tabela 2).

Tabela 2. Chave primária para classificação climática baseados no índice de umidade.

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Iu)
A – Super-úmido	100 ≤ Iu
B_4 – Úmido	80 ≤ Iu < 100
B_3 – Úmido	60 ≤ Iu < 80
B_2 – Úmido	40 ≤ Iu < 60
B_1 – Úmido	20 ≤ Iu < 40
C_2 – Sub-úmido	00 ≤ Iu < 20
C_1 – Sub-úmido seco	-33,3 ≤ Iu < 00
D – Semiárido	-66,7 ≤ Iu < -33,3
E – Árido	-100 ≤ Iu < -66,7

Tabela 3. Chave secundária da classificação climática baseados nos índices de aridez e umidade.

Climas úmidos (A, B_4, B_3, B_2, B_1 e C_2)	Índice de aridez (Ia)	Climas secos (C_1, D e E)	Índice de umidade (Iu)
r – pequena ou nenhuma deficiência hídrica	0 – 16,7	d – pequeno ou nenhum excesso de água	0 – 10
s – moderada deficiência no verão	16,7 – 33,3	s – moderado excesso de inverno	10 – 20
w – moderada deficiência no inverno	16,7 – 33,3	w – moderado excesso de verão	10 – 20
s_2 – grande deficiência no verão	> 33,3	s_2 – largo excesso de inverno	20
w_2 – grande deficiência no inverno	> 33,3	w_2 – largo excesso de verão	20

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

Com os dados da evapotranspiração potencial (ETP) anual, obtidos a partir da temperatura e do comprimento do dia, foi determinada a classificação térmica para o município de Ipameri, Goiás (Tabela 4).

Tabela 4**.** Chave terciária da classificação climática baseados no índice térmico.

Tipos Climáticos	Índice térmico (It) (ETP anual)
A' – megatérmico	≥ 1.140
B'_4 – mesotérmico	997 – 1.140
B'_3 – mesotérmico	855 – 997
B'_2 – mesotérmico	712 – 855
B'_1 – mesotérmico	570 – 712
C'_2 – microtérmico	427 – 570
C'_1 – microtérmico	285 – 427
D' – tundra	142 – 285
E' gelo perpétuo	< 142

A quarta chave da classificação climática considera a relação da evapotranspiração potencial ($ETP_{verão}$) pela ETP_{anual}, sendo responsável por determinar o subtipo climático. Este subtipo é indicado por uma letra minúscula seguida de um apóstrofo, com ou sem um número subscrito (Tabela 5).

Tabela 5. Quarta chave da classificação climática baseados na relação entre a ETP de verão e anual.

Concentração da ETP no verão (%)	Subtipo climático
< 48%	a'
48 – 51,9	b'_4
51,9 – 56,3	b'_3
56,3 – 61,6	b'_2
61,6 – 68,0	b'_1
68,0 – 76,3	c'_2
76,3 – 88,0	c'_1
> 88,0	d'

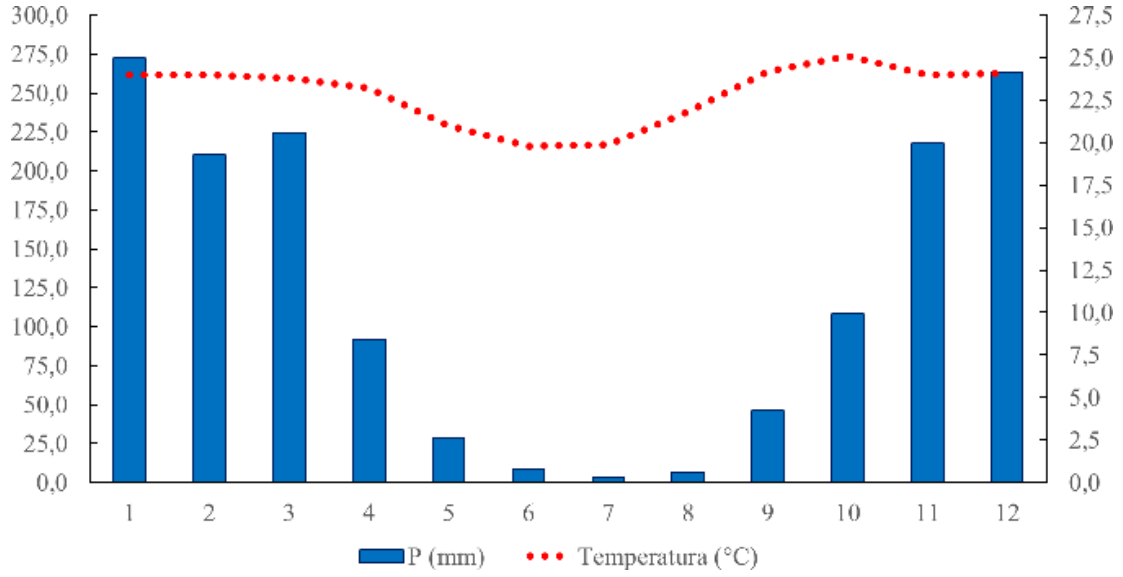
REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

3. Resultados e Discussão

Balanço Hídrico Climatológico

A análise climatológica para o município de Ipameri-GO (Figura 2), apresenta uma precipitação total anual de 1481 mm. O padrão pluviométrico descreve duas características bem definidas, com maiores acumulados entre os meses de novembro a março, considerado o período chuvoso, com precipitação maior que a evapotranspiração potencial (P>ETP). O mês de abril marca a diminuição das chuvas dando início a transição para o período mais seco (maio a setembro), enquanto outubro registra o retorno gradual da precipitação. A temperatura média anual é de 22,9 °C no decorrer do ano.

Figura 2. Normal climatológica do Município de Ipameri-GO para o período de 1991-2020.



Na Tabela 6, podemos visualizar o cálculo do Balanço Hídrico Climático (BHC) onde é detalhada todas as oscilações nos valores médios mensais de diversos parâmetros, como temperatura, precipitação, evapotranspiração potencial, déficit hídrico acumulado, armazenamento de água no solo, variações no

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

armazenamento, evapotranspiração real, deficiência e excesso hídrico. Esses elementos permitem uma análise abrangente do comportamento hídrico da região ao longo do ano, sendo fundamentais para o planejamento agrícola.

Tabela 6. Cálculo do balanço hídrico climatológico para o município de Ipameri-G0, no período de 1991 a 2020.

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG. AC (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,0	272,2	113,4	158,8	0,0	100,0	0,0	113,4	0,0	158,8
Fev	24,0	210,4	103,8	106,6	0,0	100,0	0,0	103,8	0,0	106,6
Mar	23,8	224,8	108,7	116,1	0,0	100,0	0,0	108,7	0,0	116,1
Abr	23,2	92,0	94,0	-2,0	-2,0	98,1	-1,9	93,9	0,0	0,0
Mai	21,0	29,0	71,0	-42,0	-44,0	64,4	-33,6	62,6	8,4	0,0
Jun	19,8	8,2	56,8	-48,6	-92,5	39,6	-24,8	33,0	23,8	0,0
Jul	19,9	3,5	59,1	-55,6	-148,2	22,7	-16,9	20,4	38,7	0,0
Ago	21,8	6,7	77,5	-70,8	-218,9	11,2	-11,5	18,2	59,2	0,0
Set	24,2	46,0	103,7	-57,7	-276,6	6,3	-4,9	50,9	52,8	0,0
Out	25,1	108,1	123,5	-15,4	-292,0	5,4	-0,9	109,0	14,5	0,0
Nov	24,0	217,6	110,1	107,5	0,0	100,0	94,6	110,1	0,0	12,9
Dez	24,1	263,3	118,1	145,2	0,0	100,0	0,0	118,1	0,0	145,2
Total Anual	-	1481,8	1140	-	-	747,7	-	942,2	197,4	539,6
Média Anual	22,9	123,5	95,0	-	-	62,3	-	78,5	16,4	45,0

Legenda: T - Temperatura do ar; P - Precipitação; ETP - Evapotranspiração Potencial; P-ETP - Quantidade de água que permanece no solo; NEG.AC - Negativo Acumulado; ARM - Armazenamento de Água no Solo; ALT - Alteração do Armazenamento de Água no Solo; ETR - Evapotranspiração Real; DEF - Deficiência Hídrica e EXC - Excedente Hídrico.

Como pode ser observado na Tabela 6, os meses que apresentaram a temperatura média mensal mais baixa foram junho e julho (19,8 e 19,9 °C, respectivamente), compreendendo o inverno, enquanto os meses mais quente estão presentes entre setembro e abril (destacando outubro com 25,1 °C como o mês mais quente do ano). Resultados semelhantes foram observados por Cardoso et al., (2014) em que teve como objetivo classificar o clima no Estado de Goiás e no Distrito Federal utilizando a metodologia de classificação proposta por Köppen-Geiger e encontraram os mesmos valores de temperatura média para a

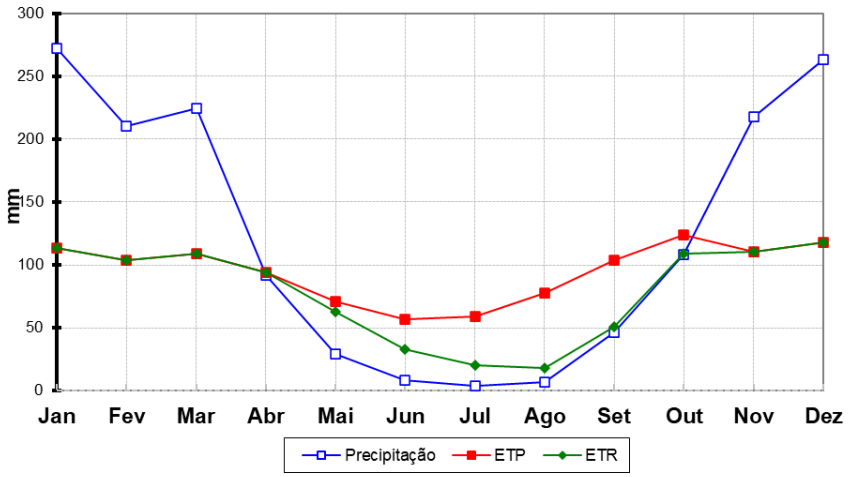
REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

nossa região em estudo, destacando também o mês de outubro como o mais quente.

Os maiores níveis de precipitação estão concentrados nos meses de novembro a março, considerado o verão climatológico, ou seja, com a maior disponibilidade hídrica do solo, compreendendo 80,2% do total anual que é 1481,8 mm. Os meses com o acumulado mensal mais baixo destacam-se junho (8,2mm), julho (3,5 mm) e agosto (6,7 mm), considerado o período mais crítico para a região, sendo um período de alerta para a agricultura de sequeiro, onde a quantidade de água acumulada no solo praticamente não existe, com excedentes de 0,0 mm. (Tabela 6 e Figura 3).

O período que vai de maio a setembro é conhecido como a estação seca, sendo influenciado pela massa de ar tropical continental. Embora essa massa seja inicialmente úmida, ao se deslocar para o interior do continente, ela perde umidade nas regiões Sul e Sudeste do país, principalmente devido às chuvas orográficas, antes de atingir o estado de Goiás. Como resultado, restam apenas as altas temperaturas, enquanto a massa de ar equatorial continental é empurrada para o norte à medida que avança em direção ao centro do país. Durante esse intervalo, os níveis de precipitação variam, em média, entre 100 mm e 40 mm (Costa et al., 2012).

Figura 3 – Balanço hídrico normal mensal para o município de Ipameri, Goiás, no período de 1991 a 2020.

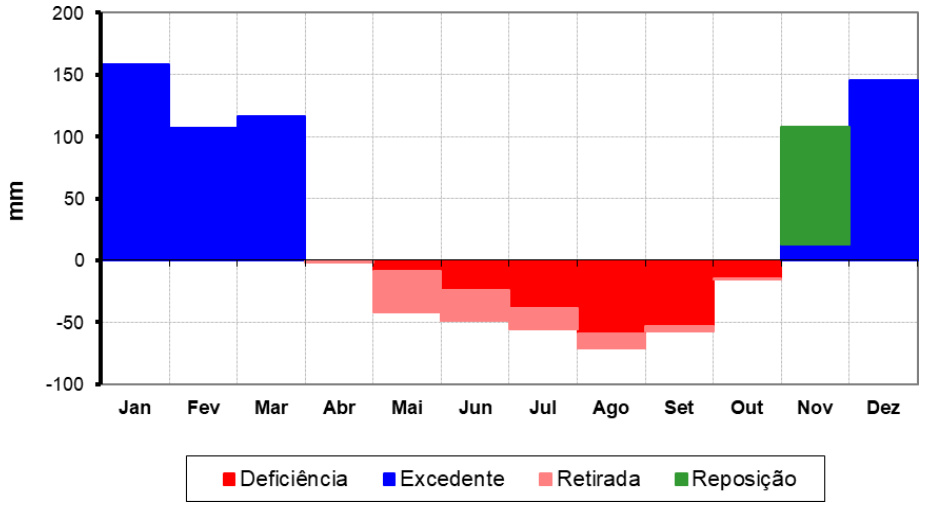


REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

A ETR total anual foi de 942,2 mm com uma média mensal de 78,5 mm, compreendendo seus menores níveis justamente naqueles meses em que se tinha menor precipitação, já que a menor quantidade de água presente na atmosfera, vegetação e solo afetam diretamente os níveis tanto da ETR quanto da ETP, com um total anual de 1140 mm e média mensal de 95 mm para ETP. Como pode ser observado, em condições de níveis elevados de precipitação, em alguns meses a ETR tende a se igualar à ETP porque o principal fator limitante para a ETR, o DEF, é eliminado, ou seja, o solo está com água disponível o suficiente para a vegetação não sofrer estresse hídrico.

O DEF acumulou um total anual de 197,4 mm, compreendido entres os meses de maio a outubro, onde estão concentrados os menores índices de precipitação, trazendo impactos negativos em relação às culturas de sequeiro por fazer com que os dias sejam intercalados por alguns e/ou vários dias sem a ocorrência de precipitação. Os meses que tiveram o menor e maior DEF foram maio (8,4 mm) e agosto (59,2 mm), respectivamente. Os meses de maio a setembro sofreram retiradas hídricas, que se referem à quantidade de água que é removida de uma determinada fonte ou sistema, como rios, lagos, aquíferos e reservatórios, para ser utilizada em diversas atividades humanas. (Figura 4).

Figura 4 –Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano para o município de Ipameri, Goiás, no período de 1991 a 2020.

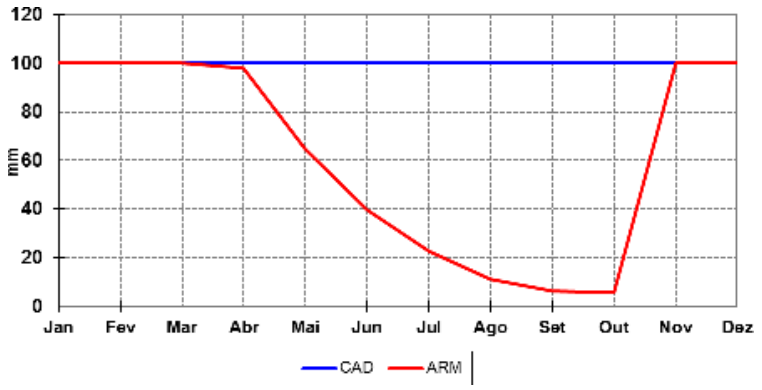


REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

A adoção de práticas de irrigação sustentáveis pode ser uma solução eficaz para enfrentar períodos de seca ou veranicos em Ipameri, GO. Santos et al. (2010) e Ribeiro et al. (2015) recomendam um planejamento criterioso para definir a melhor época de plantio das principais culturas locais em regiões que enfrentam distribuição irregular das chuvas em um determinado período. A metodologia do balanço hídrico mensal permite um planejamento eficiente dos recursos hídricos da região, possibilitando a tomada de decisão quanto à necessidade de adoção de sistemas de irrigação, ao cálculo do dimensionamento da lâmina de irrigação e ao manejo eficiente da irrigação, considerando a evapotranspiração local para definir quando e quanto irrigar. Esse planejamento deve garantir que a semeadura ocorra nos períodos de maior disponibilidade hídrica, evitando que as fases de maior exigência de água das plantas coincidam com os momentos de maior escassez hídrica no solo.

Os maiores valores de ARM foram registrados nos meses de novembro a março, ambos com 100 mm, atingindo a capacidade máxima de retenção de água no solo. Esse cenário favorece a formação do excedente hídrico (EXC), que, historicamente, começa a se manifestar a partir de novembro após as primeiras chuvas ocorrerem em outubro, com seu retorno gradual (Figura 4). Por outro lado, no período de maio a outubro, foram observados os menores índices de ARM, variando de 64,4 mm a 5,4 mm, resultando na formação de DEF durante esses meses (Tabela 6). O mês de abril registrou um ARM de 98,1 mm devido a redução das chuvas e sem marca de excedente hídrico.

Figura 5 – Capacidade de Armazenamento (CAD), Armazenamento (ARM) mensal para o município de Ipameri, Goiás, no período de 1991 a 2020.



REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

Classificação Climática de Köppen

De acordo com a classificação climática de Köppen, o município de Ipameri-GO enquadra-se no tipo climático Aw, caracterizado como tropical com estação seca no inverno. Essa tipologia foi determinada com base na temperatura média do mês mais frio (junho: 19,8 °C), na temperatura média do mês mais quente (outubro: 25,1 °C), na precipitação do mês mais seco - PMS (julho: 3,5 mm) e no total anual de precipitação, que atende aos critérios estabelecidos para esse tipo climático, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 6. Resultado similar foi encontrado por Cardoso et al., (2014) realizou a classificação climática de Köppen para o estado de Goiás e o Distrito Federal e encontrou para a região na qual Ipameri-GO está localizado o tipo de clima Aw. Trabalho realizado por Sobrinho et al., (2020) para o município de Rio Verde-GO utilizando a classificação climática de Köppen, determinou o tipo de clima Aw para o município que apresentou características climáticas semelhantes ao de Ipameri.

Classificação Climática de Thornthwaite e Mather

Tabela 7 – Valores bases para chaves de classificação Climática de Thornthwaite e Mather

$Iu = Ih - Ia$	$Ih = \frac{EXC}{ETP} * 100 = \frac{539,6}{1139,6} * 100$	$Ia = \frac{DEF}{ETP} * 100 = \frac{197,4}{1139,6} * 100$	$\frac{ETP_{verão}}{ETP_{anual}} = \frac{554,8}{1140} = 0,486 * 100$
30,03	47,35	17,32	48,66
B1	A’	w	b'_4

A classificação climática foi obtida com base nos valores do índice hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu). Considerando o Iu como a “chave inicial” para a classificação obteve-se um valor de 30,03, sendo encontrada a tipologia B1 caracterizando o clima como úmido. Para a segunda chave, de acordo com o Ia e Ih de 17,32 e 47,35 respectivamente, foi obtido a letra w, caracterizando o clima com moderada deficiência no inverno. De acordo com a terceira chave e em função da ETP_{anual} de 1140 mm, obteve-se a letra A, indicando um clima megatérmico. Por

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

último, conforme a quarta chave e em função da relação entre a $ETP_{verão}$ e ETP_{anual}, tem-se o subtipo climático b'$_4$. Esta $ETP_{verão}$ ocorre durante os meses de (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) com o acumulado de 554,08 mm, considerado o verão climatológico de acordo com o balanço hídrico, com precipitação maior que a evapotranspiração potencial (P>ETP) nos meses deste período.

Desta forma, a Classificação Climática proposta por Thornthwaite e Mather para o município de Ipameri-GO foi B1 w A' subtipo climático b'$_4$, o tipo climático caracterizado como megatérmico úmido com deficiência hídrica moderada no inverno. Dados semelhantes foram apresentados no estudo de Parreira et al., (2019), no município de Rio Verde, Goiás. O estudo apresentou tendência climática de seis meses de deficiência hídrica (maio a outubro), e seis meses de excedente hídrico (novembro a abril) no período de janeiro de 2012 a junho de 2015.

Implicações ao Planejamento Agrícola

A integração entre o balanço hídrico e a classificação climática em Ipameri-GO revela que a gestão dos recursos hídricos deve ser estratégica para mitigar a vulnerabilidade das culturas. Como o município apresenta uma deficiência hídrica moderada no inverno e uma concentração pluviométrica de 80,2% em apenas cinco meses, a sustentabilidade da produção depende de um cronograma que alinhe a demanda biológica das plantas com a disponibilidade hídrica sazonal. Abaixo, listam-se diretrizes práticas fundamentadas nos resultados:

- Otimização da Janela de Plantio: O planejamento da semeadura para culturas de sequeiro deve ser concentrado em novembro, onde há reposição e excedente hídrico no solo. Isso garante o estabelecimento das culturas em que a Evapotranspiração Real (ETR) é plenamente atendida pela precipitação.
- Estratégia de Irrigação Suplementar: A adoção de sistemas de irrigação é indispensável entre maio e setembro, período em que a deficiência hídrica

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

atinge um total elevado (197,4 mm). O planejamento deve considerar que, nesses meses, o armazenamento de água no solo (ARM) cai para níveis críticos, chegando a apenas 6,3 mm em setembro. O mês de outubro é marcado pelo retorno das chuvas de maneira gradual e diminuição da deficiência hídrica.

- Gestão da Lâmina de Água: O manejo da irrigação deve utilizar a Evapotranspiração Potencial (ETP) média de 95 mm mensais como parâmetro para o cálculo da lâmina de água. Especialmente nos meses de junho a agosto, quando a precipitação é mínima (inferior a 10 mm), o cálculo preciso evita o estresse hídrico e o desperdício de recursos.

4. Conclusão

- Caracterização Climática e Hídrica: de acordo com Köppen o município apresenta clima tropical com estação seca no inverno (Aw) e classificação de Thornthwaite como megatérmico úmido com deficiência moderada no inverno (B1 w A' subtipo climático b'4). A temperatura média anual é de 22,9°C e a precipitação total é de 1481,8 mm.
- Sazonalidade Pluviométrica: Existe uma concentração de 80,2% das chuvas entre novembro e março com precipitação maior que a evapotranspiração potencial (P>ETP), período em que o armazenamento de água no solo atinge sua capacidade máxima e ocorre o excedente hídrico de 539,6 mm,
- Déficit e Período Crítico: A estação seca compreende os meses de maio a setembro, com deficiência hídrica acumulada de 197,4 mm, devido a níveis de precipitação mínima.
- Dinâmica da Evapotranspiração: A evapotranspiração potencial (ETP) anual é de 1140 mm e a real (ETR) é de 942,2 mm. A ETR tende a igualar-se à ETP apenas nos meses chuvosos, quando a disponibilidade de água no solo elimina o estresse hídrico.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

- Implicações Agrícolas: O balanço hídrico indica que a semeadura de sequeiro deve priorizar o mês novembro por haver reposição e excedente hídrico suficiente que se estende até março. Em abril as chuvas diminuem, o acumulado mensal é de 92 mm e já não há mais excedente hídrico. Para o cultivo entre maio e setembro, é indispensável o planejamento de sistemas de irrigação sustentáveis para mitigar os riscos do déficit hídrica.

Referências

Allen, R. G. et al. (1998). FAO Irrigation and Drainage Paper 56: Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements).

Alves, M. A., Costa, F. B., & Silva, A. L. (2023). Impactos climáticos na agricultura: uma revisão das estratégias de adaptação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 38(3), 102-115.

Beck, H. E. et al. (2018). Present and future Köppen–Geiger climate classification maps at 1-km resolution.

Cardoso, M. R. D., Marcuzzo, F. F. N., & Barros, J. R. (2014). Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v.8, n.16, 2014.

Carvalho, S. P., et al. (2022). Modelos de balanço hídrico e sua aplicação em regiões semiáridas. **Ciência e Agrotecnologia**, 46(2), 233-246.

Costa, A. S., et al. (2022). Previsões climáticas para regiões do cerrado e seus efeitos na agricultura. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, 40(1), 99-111.

Costa, H. C. et al. Especialização e sazonalidade da precipitação pluviométrica do estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.1, 2012.

Hernandez, R. J., et al. (2022). Balanço hídrico e uso sustentável da água em áreas agrícolas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 57(4), 212-226.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados: Ipameri (GO)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2026. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/ipameri.html. Acesso em: 30 jan.2026.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate.

Mather, J. R. (1955). The Thornthwaite system of climatic classification. **Annals of the Association of American Geographers**, 45(4), 292-297.

Medeiros, S. L., et al. (2023). Aplicações da classificação climática de Köppen em áreas de clima semiárido. **Revista Brasileira de Climatologia**, 30(1), 45-57.

Medeiros, S. L., Silva, G. S., & Santana, M. A. (2013). Estudo climático e impacto da variabilidade climática na agricultura: uma análise para o estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 28(2), 193-204.

PARREIRA, A. G. B. et al. Balanço hídrico climatológico para o município de Rio Verde, Goiás. Científica Multidiciplinary Journal, Rio Verde-Goiás, p. 26-33, 2019.

Pereira, A. R., Angelocci, L. R. & Sentelhas, P. C. (2002). Balanço hídrico: teoria e aplicações. São Paulo: Editora Agronômica Ceres.

Ribeiro, A. A.; Simeão, M.; Santos, A. R. B. Balanço hídrico climatológico para os municípios de Piripiri e São João do Piauí, Piauí, Brasil. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9 (3): 228-235, 2015.

Rolim, G. S.; Sentelhas, P. C.; Barbieri, V. (1998). Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial.

Sales, E. G. S., Araujo, F. Da S., Matsunaga, W. K., Brito, J. I. Relação Do NDVI Ee EVI com os Índices Climáticos do Nordeste do Brasil. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 47, 2023.

Santos, G. O.; Hernandez, F. B.T.; Rossetti, J. C. Balanço hídricoc como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4(3): 142- 149, 2010.

Silva, L. P., et al. (2022). A influência das condições climáticas na agricultura do cerrado. **Journal of Agricultural Studies**, 35(2), 145-157.

Sobrinho, O. P. L., dos Santos, L. N. S., Santos, G. O., Cunha, F. N., Soares, F. A. L., & Teixeira, M. B. Balanço hídrico climatológico mensal e classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o município de Rio Verde, Goiás. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 19-33, 2020.

Souza, R. D., et al. (2023). Impacto das mudanças climáticas na distribuição de água no cerrado. **Revista de Geografia e Meio Ambiente**, 45(6), 321-333.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/01/2026 - **Accepted:**30/01/10/2025
Vol: 02.01
DOI: 10.61164/c9kyj654
Pages: 1-22

Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, 38(1), 55-94.

Thornthwaite, C. W.; mather, J. R. The water balance: publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

Vianello, R. L.; alves, A. R. Meteorologia básica e aplicações. 2a Edição. Viçosa: UFV, 2012. 460p.