



Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Bambuí - MG

José Ângeles Moreira de Oliveira^{1*}

RESUMO: Partindo do princípio que a disponibilidade hídrica é um fator fundamental para o sucesso da produtividade agrícola, torna-se relevante entender os regimes de precipitação e evapotranspiração de determinada região. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi calcular o balanço hídrico climatológico (BHC) bem como realizar a classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o município de Bambuí – MG. Para a realização do estudo foi utilizada uma série de dados históricos entre os anos de 1986 a 2017, relativos à precipitação média mensal e temperatura média mensal. Para o cálculo do BHC foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível (CAD). A classificação climática foi obtida por meio dos valores do índice hídrico (Ih), índice de aridez (Ia) e índice de umidade (Iu). O cálculo do balanço hídrico revelou que a localidade apresenta duas estações climáticas bem definidas: chuvosa e seca. A classificação climática para o município de Bambuí, MG é B_{2r}B'_{3a}', ou seja, o clima é caracterizado como mesotérmico úmido com pequena ou nenhuma deficiência hídrica.

Palavras-chave: disponibilidade hídrica, temperatura, recursos hídricos.

Climatological water balance estimate and climate classification for the municipality of Bambuí - MG

ABSTRACT: Assuming that water availability is a fundamental factor for the success of agricultural productivity, it becomes relevant to understand the precipitation and evapotranspiration regimes of a given region. Thus, the objective of this study was to calculate the climatological water balance (CWB) as well as to perform the climatic classification by the method of Thornthwaite and Mather (1955) for the city of Bambuí - MG. For the study, a historical data series between the years 1986 to 2017 was used, concerning average monthly precipitation and average monthly temperature. To calculate the BHC, a value of 100 mm was adopted for the available water capacity (AWC). The climate classification was obtained through the values of the hydric index (Ih), aridity index (Ia), and humidity index (Iu). The calculation of the water balance revealed that the locality presents two well-defined seasons: rainy and dry. The climate classification for Bambuí, MG is B_{2r}B'_{3a}', that is, the climate is characterized as humid mesothermal with little or no water deficiency.

Keywords: water availability, temperature, water resources.

INTRODUÇÃO

As características climáticas influenciam todas as etapas da cadeia de produção agrícola, incluindo a preparação da terra, semeadura, crescimento dos cultivos, colheita, armazenagem, transporte e comercialização (SOUZA et al., 2003).

As condições climáticas e hidrológicas de uma determinada região são os principais fatores na estimativa da disponibilidade hídrica. São nos estudos hidroclimatológicos que se baseia o desenvolvimento dos trabalhos na definição do modelo de planejamento e gestão dos recursos hídricos a ser implementado (MEDEIROS et al., 2013).

Dessa forma, o conhecimento do balanço hídrico climatológico (BHC) de uma determinada região possibilita identificar potencialidades e fragilidades, pois a produtividade agrícola está relacionada às condições climáticas, de tal modo, que para a obtenção do máximo rendimento de culturas

agrícolas, é imprescindível o monitoramento dos elementos meteorológicos em todas as fases do desenvolvimento das culturas (PASSOS et al., 2016). Essa ferramenta tem grande importância para produtores e profissionais da área no auxílio para tomada de decisão em adquirir ou não sistemas de irrigação, pois é a partir do balanço hídrico que irá se identificar possíveis períodos de déficits hídricos acumulados no solo, mostrando a necessidade de irrigar para desenvolvimento dos cultivos e também conseguir gerenciar os recursos hídricos (ABREU et al., 2021).

O BHC desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) permite realizar o monitoramento do armazenamento de água no solo, a identificação das épocas de deficiência e excedente hídrico, a contabilização da entrada e saída de água para determinada região e também a classificação climática (JESUS, 2015).

De acordo com Andrade Júnior et al. (2005) a classificação climática tem o objetivo de identificar em uma determinada região, zonas com características relativamente homogêneas visando fornecer informações valiosas sobre as características da região, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente. Existem diversos sistemas de classificação climática, dentre eles destaca-se o de Thornthwaite e Mather (1955), que utiliza índices definidos com base no balanço hídrico climático (SILVA et al., 2014). Para Passos et al. (2017) a estimativa do balanço hídrico climático e a classificação climática são ferramentas indispensáveis para a determinação da aptidão de áreas para culturas agrícolas e no planejamento de sistemas de irrigação.

De acordo com dados do IBGE (2017) a cidade de Bambuí-MG possui 1.525 estabelecimentos agropecuários com área total de 108.014 hectares, apresentando uma agricultura diversificada, com destaque para cultivos de banana, laranja, maracujá, abacaxi, cana-de-açúcar, mandioca, milho e soja.

Dessa forma, o conhecimento das características climáticas da região, torna-se fundamental para um melhor planejamento das atividades agrícolas,

portanto, o objetivo deste estudo foi calcular o balanço hídrico climatológico (BHC) bem como realizar a classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o município de Bambuí - MG.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Bambuí- MG (Figura 1) está localizado no centro-oeste do estado de Minas Gerais, mesorregião Oeste de Minas, inserido na bacia do rio São Francisco, região que tem vocação econômica voltada para a agropecuária (LIMA, 2016).

A população estimada é de 23.964 habitantes (IBGE, 2021) com densidade populacional de 15,62 habitantes/km² (IBGE, 2010) e área territorial de 1.455,819 km² (IBGE, 2020). O relevo é distribuído em 40% plano, 30% ondulado e 30% montanhoso, terras estas onde está inserido o Bioma Cerrado como formação dominante, com inclusões de formação campestres e florestais, tais como o eucalipto para fins de reflorestamento (PEREIRA, 2013). O solo da região estudada classifica-se como Latossolo Vermelho Distrófico (FERREIRA et al., 2021).

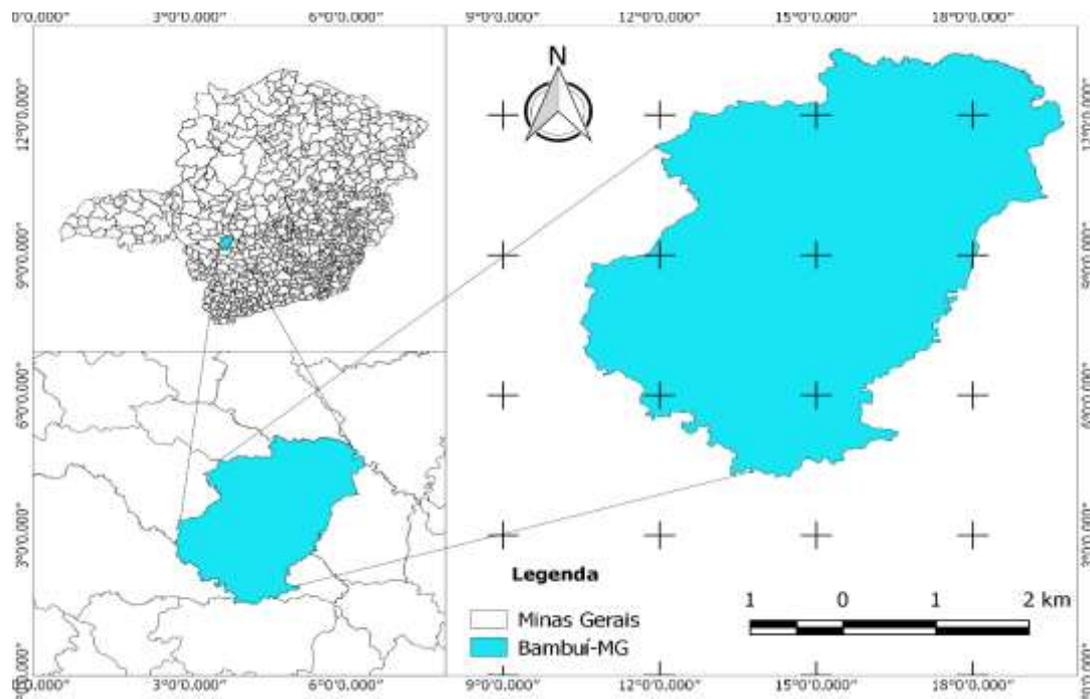


Figura 1. Mapa de localização do município de Bambuí-MG.

Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados dados médios mensais de precipitação e temperatura do ar, compreendendo o período de 1986 a 2017 totalizando 31 anos, fornecidos pela estação meteorológica convencional 83582 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022).

A execução do balanço hídrico climatológico (BHC) foi desenvolvido utilizando o método de Thornthwaite e Mather (1955) a partir da planilha eletrônica elaborada por Rolim et al., (1998). Foi

adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD), valor representativo para o solo encontrado na região de estudo, solo com alta capacidade de armazenamento, como o latossolo vermelho-amarelo distrófico do município. A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método proposto por Thornthwaite (1948).

A partir dos dados obtidos no balanço hídrico climatológico (BHC) foi realizada a classificação climática seguindo a metodologia de Thornthwaite e

Mather (1955), que realiza a classificação climática com base nos valores do índice hídrico (Ih), índice de aridez (Ia) e do índice de umidade (Iu), obtidos através das equações abaixo:

$$Ih = \frac{EXC}{ETP} 100 \quad (\text{Equação 1})$$

$$Ia = \frac{DEF}{ETP} 100 \quad (\text{Equação 2})$$

$$Iu = Ih - 0,6 Ia \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

EXC = excedente hídrico, em mm;

ETP = evapotranspiração total, em mm;

DEF = deficiência hídrica, em mm;

Ih = índice hídrico;

A classificação climática foi baseada em variações do índice de umidade (Tabela 1), nos índices de aridez e umidade (Tabela 2), nos índices térmicos (Tabela 3) e nas variações das evapotranspirações potenciais de verão e anual (Tabela 4) (SOUZA et al., 2013).

Tabela 1. Chave inicial da classificação climática, segundo Thornthwaite e Mather (1955), baseados no índice de umidade.

Tipos climáticos	Índice de umidade (Iu)
A – superúmido	$100 \leq Iu$
B4 – úmido	$80 \leq Iu < 100$
B3 – úmido	$60 \leq Iu < 80$
B2 – úmido	$40 \leq Iu < 60$
B1 – úmido	$20 \leq Iu < 40$
C2 – subúmido	$0 \leq Iu < 20$
C1 – subúmido seco	$-33,33 \leq Iu < 0$
D – semiárido	$-66,7 \leq Iu < -33,3$
E – árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2013)

Tabela 2. Segunda chave de classificação climática, segundo Thornthwaite e Mather (1955), baseados no índice de aridez (Ia) e umidade (Iu).

Climas úmidos (A, B4, B3, B2, B1 e C2)	(Ia)	Climas secos (C1, D e E)	(Iu)
r- Pequena ou nenhuma deficiência hídrica	0-16,7	D - pequeno ou nenhum excesso hídrico	0-10
s- Moderada deficiência no verão	16,7-33,3	s - moderado excesso no inverno	10-20
w- Moderada deficiência no inverno	16,7-33,3	w - moderado excesso no verão	10-20
s2- Grande deficiência no verão	>33,3	s2- grande excesso no inverno	20
w2- Grande deficiência no inverno	>33,3	w2- grande excesso no verão	20

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2013)

Tabela 3. Terceira chave da classificação climática, segundo Thornthwaite e Mather (1955), baseados no índice térmico anual.

Tipos climáticos	Índice térmico (It) (ETP anual)
A – megatérmico	≥ 1140
B'4 – mesotérmico	997-1140
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

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2013)

Tabela 4. Quarta chave da classificação climática, segundo Thornthwaite e Mather (1955), baseados na relação entre a ETP de verão e anual.

Concentração da ETP no verão (%)	Sub – tipo 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'
>88,0	d'

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2013)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanço hídrico climatológico (BHC) para o município de Bambuí-MG, está apresentado na Tabela 5.

Por meio dos dados obtidos verificou-se uma temperatura média anual de 20,9 °C, com mínima de 16,4 °C em julho e máxima de 23,7 °C em janeiro. A precipitação pluviométrica anual foi de 1420,4 mm,

com distribuição irregular ao longo do ano, com mínima de 11,2 mm no mês de julho e máxima de 289,6 mm no mês de janeiro. Observa-se uma estação seca bem definida que ocorre entre os meses de abril a setembro, representando apenas 15,7% da precipitação anual

Tabela 5. Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), para a cidade de Bambuí - MG, no período de 1986 a 2017.

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG. AC (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Janeiro	23,7	289,6	114,8	174,8	0,0	100,0	0,0	114,8	0,0	174,8
Fevereiro	23,5	171,1	103,4	67,7	0,0	100,0	0,0	103,4	0,0	67,7
Março	22,9	156,7	104,0	52,8	0,0	100,0	0,0	104,0	0,0	52,8
Abril	21,6	75,2	83,8	-8,5	-8,5	91,8	-8,2	83,4	0,4	0,0
Mai	18,6	46,9	58,4	-11,4	-20,0	81,9	-9,9	56,8	1,5	0,0
Junho	16,7	16,3	42,1	-25,8	-45,8	63,2	-18,7	34,9	7,2	0,0
Julho	16,4	11,2	41,8	-30,6	-76,4	46,6	-16,7	27,8	13,9	0,0
Agosto	18,0	15,1	52,6	-37,5	-113,9	32,0	-14,6	29,6	23,0	0,0
Setembro	20,7	58,5	74,3	-15,8	-129,8	27,3	-4,7	63,1	11,1	0,0
Outubro	22,6	116,9	98,8	18,1	-79,0	45,4	18,1	98,8	0,0	0,0
Novembro	23,0	182,8	104,1	78,7	0,0	100,0	54,6	104,1	0,0	24,1
Dezembro	23,3	280,1	114,6	165,5	0,0	100,0	0,0	114,6	0,0	165,5
Totais	251,2	1420,4	992,7	427,7	-	888,0	-	935,6	57,1	484,8
Médias	20,9	118,4	82,7	35,6	-	74,0	-	78,0	4,8	40,4

T: Temperatura do ar; P: Precipitação; ETP: Evapotranspiração Potencial; 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.

Resultados similares ao deste trabalho foram reportados por Oliveira (2019) com o objetivo de realizar o balanço hídrico climatológico para o município de Conceição do Mato Dentro – MG, registrou uma temperatura média anual de 20,8 °C, com temperatura mínima de 16,9 °C no mês de julho e máxima de 23,5 °C no mês de fevereiro.

A evapotranspiração potencial (ETP) obteve uma taxa anual de 992,70 mm, com variação mínima de 41,8 mm no mês de julho e máxima de 114,8 mm no mês de janeiro. Enquanto que a evapotranspiração real (ETr) apresentou uma variação mínima de 27,8 mm no mês de julho e máxima no mês de janeiro com 114,8 mm, com uma taxa anual de 935,6 mm. É possível observar que entre os meses de outubro a março a ETP e ETr possui os mesmos valores, revelando que a evaporação máxima para o período foi atingida (Figura 2).

De acordo com o estudo realizado, as maiores taxas de armazenamento de água no solo, foram observadas nos meses de novembro a março, atingindo a capacidade máxima de armazenamento de água no solo, favorecendo a formação do excedente hídrico (Figura 3). Enquanto que o período de abril a outubro apresentou as menores taxas de armazenamento. Oliveira (2019) realizando o Balanço hídrico para o município de Conceição do Mato Dentro - MG distante 424 km de Bambuí – MG, obteve também as maiores e menores taxas de

armazenamento no período de novembro a março e de abril a outubro, respectivamente.



Figura 2. Gráfico do balanço hídrico de Bambuí - MG pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), no período de 1986 a 2017. **Fonte:** autor.

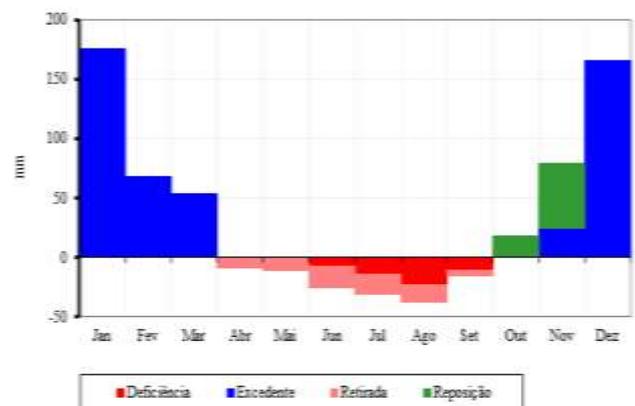


Figura 3. Deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) de Bambuí - MG no período de 1986 a 2017. **Fonte:** autor

A deficiência hídrica anual foi de 57,1 mm, distribuída entre os meses de abril a setembro (Figura 4), correspondendo ao total de seis meses de estiagem na região. A maior taxa de deficiência hídrica ocorreu no mês de agosto com 23,0 mm. Nesse mês ocorre o inverno, período de menores precipitações na região.

De acordo com Martins et al. 2015 e Aparecido et al. 2017 a deficiência hídrica é umas das variáveis climáticas que mais influência as culturas agrícolas, podendo ser positivamente ou negativamente, dependendo do estágio fenológico do cultivo.

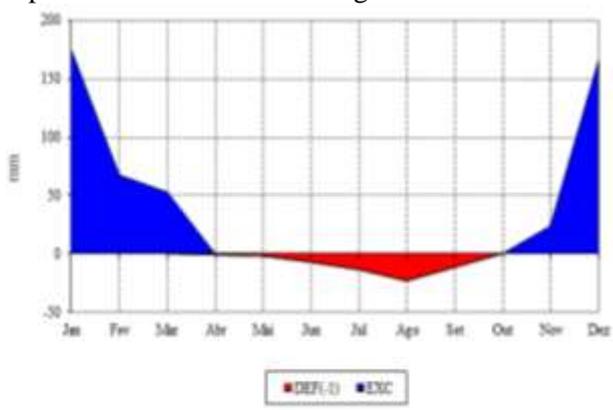


Figura 4. Extrato do balanço hídrico mensal de Bambuí-MG no período de 1986 a 2017. **Fonte:** autor.

A classificação climática para a região em estudo foi obtida com base nos valores do índice hídrico, índice de aridez e índice de umidade (Tabela 6). Utilizando-se a primeira chave de classificação para obtenção do tipo climático baseado no índice de umidade obteve-se a letra B₂ referindo-se a um clima úmido. Em seguida, por meio da “segunda chave”, com base no índice de aridez (Ia) igual a 5,75 e índice hídrico (Ih) igual a 48,83 obteve-se a letra r, caracterizando uma pequena ou nenhuma deficiência hídrica. Já a “terceira chave” definida em função da evapotranspiração potencial (ETP_{anual}) de 992,7 mm, determinou-se o subtipo B’₃, que indica clima mesotérmico.

Por último, através da “quarta chave”, que representa a relação entre a evapotranspiração potencial de verão (ETP_v) igual a 332,83 mm obtida pela soma da ETP dos meses (dezembro, janeiro e fevereiro), dividida pela evapotranspiração anual (ETP_{anual}), igual a 992,7 mm, determinou-se o subtipo a’.

Dessa forma, a classificação climática completa é B₂rB’₃a’, ou seja, o clima para a cidade de Bambuí - MG é caracterizado como mesotérmico úmido com pequena ou nenhuma deficiência hídrica.

Tabela 6. Classificação climática do Município de Bambuí, MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955).

Ih (%)	Ia (%)	Iu (%)	ETP _{anual}	ETP _v /ETPa (%)
48,83	5,75	45,38	992,70	33,52
-	r	B ₂	B’ ₃	a’

Ih: Índice Hídrico; Ia: Índice de Aridez; Iu: Índice de Umidade; ETPa: Evapotranspiração Anual; ETPv: Evapotranspiração de Verão.

CONCLUSÃO

O cálculo do balanço hídrico revelou que a localidade apresenta duas estações climáticas bem definidas: chuvosa e seca. As precipitações totais anuais atingem valores médios de 1420,4 mm.

A classificação climática para o município de Bambuí - MG é B₂rB’₃a’, ou seja, o clima é caracterizado como mesotérmico úmido com pequena ou nenhuma deficiência hídrica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. *Revista Ciência Agronômica*, v.36, p.143-151, 2005.

APARECIDO, L.E. de O.; ROLIM, G. de S.; LAMPARELLI, R.A.C.; SOUZA, P.S. de; SANTOS, E.R. dos. Agrometeorological models for forecasting coffee yield. *Agronomy Journal*, v. 109, n. 1, p. 249-258, 2017.

ABREU, P. A. S.; HERNANDEZ, F. B. T. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial do município de pereira barreto-sp como auxilio para o planejamento da agricultura irrigada. *IRRIGA*, v. 1, n. 3, p. 530-545, 2021.

FERREIRA, L. A.; TORMEN, G. P.; SILVA, S.; SILVA, S.; GONÇALVES, L. D.; CAMPOS, D. S. Efeito de lâminas de irrigação no rendimento de beterraba cultivada no Alto São Francisco, Minas Gerais. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, p. e18010817228-e18010817228, 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário - resultados definitivos (2017)**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bambui/pesquisa/24/76693>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2021**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bambui/panorama>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Densidade demográfica: Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bambui/panorama>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área da unidade territorial: Área**

- territorial brasileira 2020**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bambui/panorama> >. Acesso em: 18 fev. 2022.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- JESUS, J. B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju-SE. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5. 2015.
- LIMA, W. G. **Plano Diretor Participativo de Bambuí-MG: Uma Análise de sua Elaboração sob a Ótica da Cidadania Deliberativa**. 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Tocantins, Tocantins.
- MARTINS, E.; APARECIDO, L.E. de O.; SANTOS, L.P.S.; MENDONÇA, J.M.A. de; SOUZA, P.S. de. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v.10, p.499-506, 2015.
- MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Análise Climatológica, Classificação Climática e Variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico na Bacia do Rio Uruçui Preto, PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Rio de Janeiro, v. 06, n 04, p 652-664, 2013.
- OLIVEIRA, J. A. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite e Mather para o município de Conceição do Mato Dentro-MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n.1, p. 3203-3211, 2019.
- PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 4, p. 758-766, 2016. DOI: 10.7127/RBAI.V10N400402.
- PASSOS, M.L.V.; ZAMBRZYCKI, G.C.; PEREIRA, R.S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Revista Scientia Agraria**, v.18, n.1, p.83-89, 2017.
- PEREIRA, M. G. Impacto sócio-econômico com a implantação de um polo canavieiro: um estudo de caso no município de Bambuí-MG. 2013. 218f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- ROLIM, G. de S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6. n.1, p.133-137, 1998.
- SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; KLAR, A. E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. **Irriga**, v. 19, n. 1, p. 46, 2014. <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n1p46>
- SOUZA, M.J.H.; RIBEIRO, A.; LEITE, F.P. Balanço hídrico e caracterização climática de Guanhães, Nova Era e Rio Doce. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 13., 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2003. v.1. p.131-132.
- SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa: Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Cuiabá, v. 1, n.1, p. 34-43, 2013.
- THORTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v.38, p.55-94, 1948.
- THORTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, 104p.