

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias - ICA

Egmar Junior Oliveira Campos Silva

**CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA
O MUNICÍPIO DE FORMOSO- MG**

Unai

2023

Egmar Junior Oliveira Campos Silva

**CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA
O MUNICÍPIO DE FORMOSO- MG**

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a).

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Cezar Resende Leite Junior

Unai

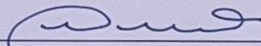
2023

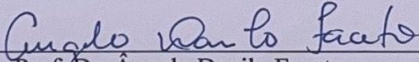
Egmar Junior Oliveira Campos Silva
CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA
O MUNICÍPIO DE FORMOSO- MG

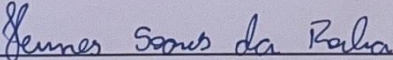
Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Cezar Resende Leite Junior

Data de aprovação 25/07/2023.


Prof. Dr. Maurício Cezar Resende Leite Junior
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM


Prof. Dr. Ângelo Danilo Faceto
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM


Prof. Dr. Hermes Soares da Rocha
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Unai

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que foi onde sempre encontrei forças para esta conquista, à minha família e amigos. Agradeço também ao professor Maurício que sempre esteve presente quando solicitado, atendendo sempre as demandas.

RESUMO

O balanço hídrico climatológico (BHC) é uma das ferramentas mais usadas para se avaliar, indiretamente, se a quantidade de água presente no solo é capaz de suprir as necessidades hídricas da planta. Criado por Thornthwaite e Mather (1955), o BHC foi desenvolvido para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. O objetivo é determinar a Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico para o Município de Formoso- MG, com o propósito de oferecer suporte ao planejamento agrícola, à tomada de decisão e na escolha de técnicas que melhor se enquadram às características climáticas do município. Neste trabalho, o BHC foi aplicado ao município de Formoso- MG, sob coordenadas geográficas de 14° 56' 59,02" latitude sul e 46° 14' 8,86" de longitude oeste, com uma altitude média de 854,6 m, localizado no noroeste do estado de Minas Gerais com o bioma classificado como Cerrado, tendo tipo de solo o Cambissolo de textura argilosa. Para realizar o Balanço Hídrico Climatológico (BHC), utilizou-se dados diários de precipitação (mm) e temperatura (°C) provenientes da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses dados foram coletados ao longo de 37 anos, no período compreendido entre 01 de janeiro de 1985 a novembro de 2022, permitindo a construção de uma série histórica abrangente. Para o cálculo do BHC foi utilizado o método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955). Para a execução do BHC, foi adotado o valor de 70 mm e de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD). A classificação climática foi definida a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955), que utiliza os dados de excesso e deficiência hídrica anual obtida do BHC para encontrar os Índices: Hídrico (Ih), Aridez (Ia) e de Umidade (Iu). A partir da média mensal, tanto a precipitação quanto a temperatura média, e assim foram trabalhados para determinar a classificação climática e balanço hídrico climatológico para auxiliar no planejamento agrícola, na tomada de decisão e na escolha de técnicas que melhor se enquadram nas características climáticas do município. Assim identificando os meses com deficiência e excesso hídrico para uma capacidade de água disponível (CAD). Dessa forma, de acordo com as principais atividades agrícolas de Formoso, o plantio deve ser feito entre os meses de novembro e março, que são os meses de maior pluviosidade. Com o clima árido e a falta de chuva ocorrem entre abril e outubro, a irrigação deve ser recomendada durante esses períodos, porque a precipitação atenderá às necessidades hídricas das plantações.

PALAVRAS CHAVE: Precipitação, Temperatura, Escassez Hídrica.

ABSTRACT

The climatological water balance (bhc) is one of the most used tools to evaluate, indirectly, whether the amount of water present in the soil is capable of supplying the water needs of the plant. Created by Thornthwaite and Mather (1955), the bhc was developed to determine the water regime of a location, without the need for direct measurements of soil conditions. The objective is to determine the climatic classification and climatological water balance for the municipality of Formoso-MG, with the purpose of offering support to agricultural planning, decision-making and the choice of techniques that best fit the climatic characteristics of the municipality. In this work, the bhc was applied to the municipality of Formoso-MG, under geographic coordinates of 14° 56' 59.02" south latitude and 46° 14' 8.86" west longitude, with an average altitude of 854.6 m, located in the northwest of the state of Minas Gerais with the biome classified as cerrado, having the soil type Cambisol with clayey texture. To carry out the climatological water balance (bhc), daily precipitation (mm) and temperature (°C) data from the conventional meteorological station of the National Institute of Meteorology (INMET) were used. These data were collected over 37 years, from January 1, 1985 to November 2022, allowing the construction of a comprehensive historical series. To calculate the bhc, the method developed by Thornthwaite and Mather (1955) was used. For the execution of the bhc, the value of 70 mm and 100 mm was adopted for the available water capacity in the soil (CAD). The climate classification was defined based on the method of Thornthwaite and Mather (1955), which uses data on excess and annual water deficit obtained from the bhc to find the indices: water (IH), aridity (IA) and humidity (IU). From the monthly average, both precipitation and average temperature, and thus were worked to determine the climate classification and climatological water balance to assist in agricultural planning, decision-making and the choice of techniques that best fit the climate characteristics of the county. Thus identifying the months with water deficiency and excess for an available water capacity (CAD). Thus, according to the main agricultural activities in Formoso, planting should be carried out between November and March, which are the months with the highest rainfall. With the arid climate and lack of rain occurring between April and October, irrigation should be recommended during these periods because the precipitation will meet the water needs of the crops.

Keywords: Precipitation, Temperature, Water Scarcity, Rainfall.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização geografia do município de Formoso, Minas Gerais.....	24
Figura 2 – Localização geográfica da estação meteorológica convencional do município de Formoso, Minas Gerais.....	25
Figura 3 – Níveis de temperatura média e de precipitação do município de Formoso, Minas Gerais. Método de Thornthwaite & Mather (1955). Período: 1985-2022.....	31
Figura 4 – Níveis de evapotranspiração (ETP) e evapotranspiração de referência (ETR) usando CAD 70 mm (A) e CAD 100 mm (B) do município de Formoso, Minas Gerais. Método de Thornthwaite & Mather (1955).....	34
Figura 5 – Deficiência hídrica e excedente hídrico para CAD 70 mm (A) e CAD 100 mm (B) de 1985 a 2022 em Formoso, Minas Gerais.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Chave inicial da classificação climática segundo Thornthwaite, baseado nos índices de umidade.....	28
Tabela 2 – Segundo-chave-subtipos climáticos, segundo Thornthwaite, baseado nos índices de aridez e umidade.....	28
Tabela 3 – Terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual).....	29
Tabela 4 – Quarta chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado na relação entre ETP de verão (ETPv) e anual (ETP).....	29
Tabela 5 – Chave de Classificação de Climática de Koppen.....	30
Tabela 6 – Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), para o município de Formoso- MG, no período de 1985 a 2022, CAD 70 mm (A) e CAD 100 mm (B).....	33
Tabela 7 – Classificação climática para CAD 70 mm do município de Formoso, Minas Gerais.....	38
Tabela 8 – Classificação climática para CAD 100 mm do município de Formoso, Minas Gerais.....	38

SUMÁRIO

1	
INTRODUÇÃO.....	100
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA E/OU REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA PARA AGRICULTURA	13
3.2 CICLO HIDROLÓGICO.....	14
3.3 BACIA HIDROGRÁFICA.....	15
3.4 DADOS METEOROLÓGICOS E CLIMATOLÓGICOS	16
3.5 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO.....	17
3.5.1 PRECIPITAÇÃO.....	18
3.5.2 EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	19
3.5.3 CAPACIDADE DE ÁGUA DISPONÍVEL.....	20
3.6 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA.....	21
3.7 PLANEJAMENTO AGRÍCOLA.....	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.1 LOCALIZAÇÃO.....	24
4.2 DADOS METEOROLÓGICOS.....	24
4.3 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO.....	25
4.4 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA.....	27
4.4.1 CLASSIFICAÇÃO DE THORNTHWAITE E MATHER.....	27
4.4.2 CLASSIFICAÇÃO DE KOPPEN.....	29
4.5 TRATAMENTOS DOS DADOS.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
6 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica é uma das responsáveis pela queda de produção na agricultura, trazendo prejuízos econômicos ao produtor. Estudar a época que tal deficiência acontece é importante para que o impacto na agricultura seja minimizado. O balanço hídrico climatológico (BHC) criado por Thornthwaite e Mather (1955) foi desenvolvido para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidades de medidas diretas das condições do solo. O BHC permite quantificar a água no solo que pode estar disponível às plantas, além de indicar períodos com excesso e deficiência hídrica, dentro de um determinado espaço de tempo (BRITO et al. 2020).

Já a Classificação Climática visa caracterizar uma grande área ou região, zonas com características climáticas homogêneas. A classificação do clima também pode ser feita para localidades específicas, considerando tanto as características da paisagem natural (vegetação zonal), baseando-se no fato da vegetação ser um integrador dos estímulos do ambiente, como também os índices climáticos. Na região Noroeste de Minas, estudos identificaram uma disponibilidade de 2,5 milhões de hectares de solo adequados para plantio de grãos, associados a um clima e volume de chuvas favoráveis, sendo considerada uma região com uma boa aptidão para produção de grãos (PASSOS et. al.2017).

Localizado na região Noroeste de Minas Gerais, o município de Formoso-MG carece de dados disponíveis na literatura técnica sobre a disponibilidade hídrica e a classificação climática regionalizada. Essa lacuna justifica a seleção do município para o presente estudo, que visa identificar os períodos de deficiência hídrica ao longo do ano, permitindo determinar sua classificação climatológica. Essa análise é de suma importância para auxiliar os agricultores locais, proporcionando-lhes informações cruciais para otimizar suas práticas agrícolas e alcançar uma produção satisfatória (IBGE, 2009).

O armazenamento de água no solo é uma ferramenta essencial no planejamento estratégico agrícola, tornando-se um tema de grande relevância em nossa atualidade permitindo, conhecer a época de maior disponibilidade e a de déficit hídrico, para auxiliar na tomada de decisão sobre o planejamento agrícola em um determinado local, com isso irá auxiliar os produtores no planejamento e na elaboração de técnicas que proporcionem melhores condições para a produção agropecuária (LIU et. al., 2006).

No entanto, um problema relacionado a esse tema é que o balanço hídrico é a contabilização de água no solo, ou seja, a computação das entradas e saídas de água no

sistema (SILVA & BRACHT, 2010), sendo assim a contabilização dos fluxos de entradas e saídas da água em uma unidade de tempo. A metodologia de estimativa do balanço hídrico foi proposta por Koppen (1931) e Thornthwaite e Mather (1955). Ela é empregada para conhecer e controlar o armazenamento de água no solo levando em consideração a textura do solo, profundidade das raízes e contabiliza o fluxo (entradas e saídas) de água. Tendo em vista que o problema do balanço hídrico de cultivos agrícolas é a grande variabilidade das variáveis envolvidas, vários tipos de solos com diferentes formações de camadas e de cobertura vegetal do solo, a qual varia conforme a fase de desenvolvimento das culturas (PINHEIRO, 2010).

A Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico para o Município de Formoso- MG será de suma importância, pois irá auxiliar os produtores quanto ao monitoramento e armazenamento de água no solo, sendo uma ferramenta essencial no planejamento estratégico agrícola, conhecendo assim a época de maior disponibilidade, e de déficit hídrico tornando-se importante para tomada de decisão.

Com isso o balanço hídrico é uma ferramenta de estimativa importante no planejamento agrícola e é disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA). Santos, Hernandez e Rossetti (2010) afirmam que a compreensão das variáveis estimadas no Balanço Hídrico favorece o planejamento agropecuário e as práticas de controle da produção, porque são dados que facilitam aos produtores identificar as condições climáticas que fragilizam o seu sistema produtivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar a Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico para o Município de Formoso- MG, com o propósito de oferecer suporte ao planejamento agrícola, à tomada de decisão e na escolha de técnicas que melhor se enquadram às características climáticas do município.

2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar os meses com Deficiência e Excesso hídrico para uma Capacidade de Água Disponível (CAD) no solo de 70 mm e 100 mm;
2. Determinar a Classificação climática do município de Formoso/MG pelos métodos de Koppen (1931) e Thornthwaite e Mather (1955);
3. Apresentar as características climáticas de Formoso/MG.

3 REVISÃO DE LITERATURA E/OU REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância da água para agricultura

Uma das maiores preocupações com o futuro da humanidade é a disponibilidade de água. Com isso, a sociedade questionará cada vez mais como ela está sendo utilizada pelos diversos setores produtivos mundiais. A maioria das propriedades rurais capta água da chuva do meio ambiente, e a devolve limpa através da evaporação, transpiração e infiltração no solo. Ainda assim, muito precisa ser feito para aumentar a eficiência do uso da água na agricultura (EMBRAPA, 2022).

Todos os setores da sociedade valorizam muito a água, uma vez que ela desempenha um papel crucial no crescimento de inúmeras atividades econômicas. É um recurso necessário para todos os seres vivos, bem como um fator na produção de muitos bens de consumo. A falta de água durante os períodos de crescimento vegetativo na produção agrícola pode afetar a produtividade e até mesmo os ecossistemas inteiros. Apesar da consciência de todos quanto à sua importância, a poluição dos rios e a destruição de plantas jovens estão no ascender (ROTOPLASTYC, 2018).

A crise hídrica não é apenas resultado de fatores climáticos; é também uma questão de gestão e planejamento. Existem fases do crescimento de uma planta em que há uma necessidade maior ou menor de água, sendo que certas plantas requerem uma quantidade menor de água do que outras (EMBRAPA, 2022).

As plantas requerem água, particularmente para as funções de transpiração e respiração fotossintética, bem como para o transporte de nutrientes. Essas necessidades podem ser atendidas pela água armazenada no solo, que depende da porosidade do solo da região, bem como pela quantidade e distribuição das chuvas; no entanto, se essas características não forem atendidas, a irrigação passa a ser a única fonte de água para as plantas, principalmente aquelas regiões de clima quente e seco (BOLETIM DO TEMPO PRESENTE, 2020).

3.2 Ciclo Hidrológico

A incidência da radiação solar, que causa a evaporação da água dos oceanos e superfícies terrestres, é responsável pelo ciclo da água na Terra (TUCCI; CLARKE, 1997).

A ideia do ciclo hidrológico está relacionada ao movimento e troca de água entre seus vários estados físicos que ocorre na hidrosfera entre os oceanos, calotas polares, águas superficiais, águas subterrâneas e atmosfera. Este movimento permanente deve-se ao Sol, que fornece energia para levar a água da superfície terrestre para atmosfera (evaporação), e à gravidade, que faz com que a água condensada caia (precipitação) e que, uma vez na superfície, circule através dos rios até atingir os oceanos (escoamento superficial) ou se infiltrar nos solos e nas rochas, através dos seus poros e fissuras (escoamento subterrâneo) (CARVALHO, D.F. & SILVA, L.D.B., 2007).

Como parte da água precipitada pode ser captada pela vegetação durante sua descida e voltar a evaporar, nem toda a água chega à superfície terrestre. A água que infiltra no solo está sujeita à evaporação direta para a atmosfera e é absorvida pela vegetação, que devolve a água à atmosfera por meio da transpiração. Esse processo, conhecido como evapotranspiração, ocorre no topo de uma zona não saturada, ou em uma área onde coexistem os espaços entre as partículas individuais de ar e água (CARVALHO, D.F. & SILVA, L.D.B., 2007).

A água que continua infiltrando e atingindo a área saturada entra na circulação subterrânea e ajuda a reabastecer lençol freático. Entretanto, as águas subterrâneas podem reaparecer na superfície (nascentes) e alimentar os rios ou ser descarregado diretamente no oceano. A quantidade e a velocidade de circulação da água nas diversas fases do ciclo hidrológico são influenciadas por diversos fatores como, por exemplo, cobertura vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia (CARVALHO, D.F. & SILVA, L.D.B., 2007).

3.3 Bacia Hidrográfica

O volume de água que entra na bacia hidrográfica é representado pela precipitação, e a água dos rios que é escoada para fora da bacia é a saída de água. Em termos geológicos, ela estabelece uma unidade física para estudos de hidrologia com a precipitação como sua única fonte de entrada e o escoamento superficial e de base que fornece a saída, além das perdas devido à evapotranspiração (ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A., 2018).

Na macroescala, como no caso de grandes bacias hidrográficas, o padrão de escoamento, intensidade e sazonalidade serão principalmente governados por efeitos climáticos. Este padrão geral reflete os padrões gerais de precipitação e circulação atmosférica. Para determinar a sazonalidade natural e espacial da variação do escoamento, porém, aspectos do ambiente físico e da cobertura do terreno interagem entre si (PETTS & FOSTER, 1990). O sistema de escoamento (descargas) muitas vezes é baseado em descargas médias mensais e permite a avaliação da sazonalidade.

Esses fatores de avaliação tornam-se significativos como resultado das interações humanas com o meio ambiente, cujos resultados normalmente estimulam mudanças na intensidade e qualidade da relação entre precipitação e descargas no interior. Inúmeros fatores que definem a bacia hidrográfica, como litologia, relevo, solos e cobertura vegetal, bem como fatores climáticos como precipitação, radiação solar e evaporação, regulam a variabilidade do regime hidrogeológico (TUCCI, 2002).

De acordo com Clarke et al. (2003), fatores como localização geoespacial e /ou altitude podem ter um impacto significativo nos resultados das análises do regime vapor-massa, eventos de precipitação localizados e outros fatores.

No que diz respeito especificamente aos estudos hidrológicos, a precipitação refere-se à água proveniente da evaporação que retorna à superfície de várias formas e contribui para o nível das águas dos rios e reservatórios. Uma vez mediante a uma variável hidrológica que pode ser aplicada a estudos de regionalização ou zoneamento hidrológico. Ela é determinada pela relação entre o desvio médio em uma determinada seção de medição e a área de distorção correspondente (TUCCI, 2002). Segundo LIMA et al. (2008), este parâmetro só deve ser utilizado em áreas com uma baixa densidade de postos fluviométricos e deve ser usado em conjunto com ferramentas geotécnicas para representação espacial e mapeamento. Serve como medida de produção hidráulica em relação a vários tamanhos de uma área de uma bacia hidrográfica.

3.4 Dados Meteorológicos e Climatológicos

O monitoramento automático de elementos meteorológicos na agricultura tem auxiliado no aumento da produtividade, bem como na melhoria da qualidade do produto e na proteção da disponibilidade de recursos naturais (TORRE NETO, 1995; SENTELHAS et al., 1997).

Os dados meteorológicos são gerados localmente por meio de estações meteorológicas operadas manualmente ou automaticamente, ou remotamente por meio de sensores de satélite, sensores aéreos ou mesmo sistemas de radar. Com o avanço tecnológico dos sistemas de posicionamento global (GPS) e informações geográficas (SIG), é cada vez mais comum analisar esses dados usando superfícies de distribuição espacial contínua, que são tipicamente representadas por mapas ou por isolinhas (CASTRO et al., 2010; SILVA et al., 2011; JONES et al., 2012; LUCAS et al., 2013; CAMERA et al., 2014).

Essas superfícies são produzidas diretamente a partir do processamento de dados de sensores remotos, por meio de análise de regressão, ou por meio da interpolação de dados de sistemas de rede de estações. O processamento e análise de inúmeras propriedades de superfície em andamento de variáveis meteorológicas permitem, por exemplo, elaborar zoneamentos de áreas potenciais para agricultura (CUNHA et al., 2001; RICCE et al., 2014; MASSIGNAM, et al., 2014), identificar áreas expostas a riscos climáticos (HERMANN, 2006) e fazer previsão do tempo e estudos climáticos.

Alguns exemplos de aplicações no monitoramento de atividades agrícolas por meio de estações meteorológicas de operação automática incluem controle de irrigação para diversas práticas culturais (FERNANDES, SILVA e FOLEGATTI, 1995), monitoramento e previsão de geadas, previsão de ocorrência de pragas e doenças, entre outros.

3.5 Balanço Hídrico Climatológico

O Balanço Hídrico Climatológico torna-se de extrema importância na busca pela economia de água nas mais diversas aplicações, principalmente no processo de irrigação, ao estabelecer todos os ganhos climáticos e perdas para uma determinada parcela de terra. No entanto, fazê-lo com equipamentos de alta tecnologia e mão de obra especializada é bastante caro, tornando essas medições inacessíveis à maioria dos agricultores. Em resposta a essas dificuldades, métodos indiretos para estimar o balanço hídrico usando métodos meteorológicos variáveis foram desenvolvidos (COSTA et al., 2014).

Segundo Carmo et al. (2007), o setor agropecuário se destaca como o maior usuário dos recursos hídricos, principalmente na irrigação de cultivos agrícolas. Com isso, a adoção de políticas voltadas para a economia de água nessas e em outras áreas do território brasileiro, tende a se torna de extrema importância para visar a economia (MORAES-SANTOS et al. 2015).

Para fins de determinação da aptidão de uma área para culturas agrícolas e no planejamento de sistemas de irrigação, a estimativa de BH e a classificação climática são ferramentas essenciais (PASSOS et al., 2017). A existência deste recurso depende da sobrevivência da espécie humana, a preservação e o equilíbrio da biodiversidade e as relações entre os seres vivos e seus ambientes naturais (BACCI et al., 2008). Os recursos hidrológicos desempenham um papel significativo na manutenção da vida. Compreender as variáveis usadas no BH possibilita o planejamento da produção agrícola e procedimentos de controle, fornecendo aos produtores informações que possam ajudá-los a identificar vulnerabilidades às mudanças climáticas. Esse conhecimento é uma ferramenta crucial para o sucesso de um empreendimento agrícola, o que inclui a escolha de adotar uma determinada prática agrícola (SANTOS et al., 2010).

Tendo em vista que os dados requeridos são exatamente aqueles determinados por suas resoluções, os resultados do cálculo do BHC possibilitam a realização de uma classificação climática (DANTAS et al., 2007). O processo de evapotranspiração (ET) é um dos elementos chave do ciclo hidrológico, pois representa a perda de água pelos processos de evaporação da água do solo e transpiração das plantas (BRITO et al., 2020). Segundo Barreto, Wendland e Marcuzzo (2009), em algumas áreas, a quantidade de água que é evapotranspirada de uma bacia hidrográfica pode ser significativamente maior do que a quantidade de água que está evaporando na superfície.

Thornthwaite e Mather (1955) desenvolveram o BHC para determinar o regime hidrológico de um local sem a necessidade de medições diretas das condições locais. Para desenvolvê-lo, é necessário determinar a quantidade máxima de água que pode ser armazenada no solo (CAD - Capacidade de Água Disponível), medir toda a quantidade de chuva, e estimar a quantidade máxima de evapotranspiração potencial durante cada período. Esses três dados são fundamentais para que o BHC calcule a evapotranspiração real, deficiência ou excesso a cada período (PEREIRA, 2005).

3.5.1 Precipitação

Uma das principais variáveis meteorológicas para a pesquisa climatológica em muitas regiões do Brasil é a precipitação. As consequências que elas podem ter sobre os setores de produção e econômica da sociedade (agricultura, irrigação, transporte, hidrologia, etc.) – incluindo secas, inundações, abastecimento de rios, declínios, etc. - são igualmente importantes (CALBETE et al., 2013).

A precipitação é o depósito de água na superfície da Terra na forma de chuva, neve, gelo ou grânulos. Todos os valores de precipitação são expressos em milímetros (mm) de água. A precisão da informação da precipitação varia muito dependendo do tipo de precipitação, topografia e técnica de observação. A medição de precipitação é uma tentativa de compreender um processo de grande escala não uniforme usando métodos de análise (estações meteorológicas), digitalização em grande escala de imagens (radar ou satélite), ou modelagem. Um único método é insuficiente para descrever adequadamente as quantidades de precipitação dentro de uma área, porque a quantidade pode variar substancialmente dentro de algumas centenas de metros de distância. O método de medição da precipitação serve como uma indicação e deve ser verificada através de métodos de referência locais apropriados (METEOBLUE, 2006).

A precipitação representa o ponto de conexão entre os outros fenômenos hidrológicos e o fenômeno da escala superficial, sendo este último o que mais interessa aos engenheiros. Para que a condensação ocorra na atmosfera, os núcleos de condensação devem estar presentes, em torno dos quais os elementos nuvem (pequenas gotas de água suspensas na atmosfera) são formados (CARVALHO et. al.,2007).

Além dos núcleos de condensação, é necessário que o ar se torne saturado com vapor, o que pode acontecer de duas maneiras: aumentando a pressão do vapor de água no ar ou

refrigerando o ar. Esta restrição do ar geralmente ocorre como resultado de um processo adiabático, no qual a parcela de ar sobe e contrai causada por uma diminuição na temperatura. A condensação por si só não é capaz de causar precipitação porque produz partículas muito pequenas conhecidas como elementos de nuvem que permanecem suspensas na atmosfera devido à sua massa insuficiente para superar as forças da flutuação termodinâmica (CARVALHO et. al.,2007).

3.5.2 Evapotranspiração

A evapotranspiração de culturas, para a gestão de projetos de irrigação, assume importância no planejamento agrícola. Uma opção para racionalizar a utilização da água em projetos agrícolas é calcular a evapotranspiração da cultura (ET_c) usando a evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente cultural (K_c). No final da década de 1940, duas contribuições científicas significativas surgiram, uma para a agricultura e a outra para a climatologia e hidrologia: "Uma abordagem para uma classificação racional do clima" por Warren Thornthwaite (1948) e "A evaporação natural de águas abertas, solos descalços e grama" por Howard Penman (1948). Thornthwaite e Wilm introduziram o termo "evapotranspiração" (ET) em 1944.

A ideia de evapotranspiração potencial (ET_p) é definida como a transferência de água de um sistema de solo-planta para a atmosfera sob condições controladas, ou, mais especificamente, em uma área com extensa superfície natural coberta inteiramente por vegetação baixa que está crescendo ativamente na fase adulta (a vegetação primária adotada é o grama, embora em alguns tipos climáticos, alfafa é usado em vez disso) e tem um alto índice de área foliar (IAF). A evapotranspiração, ou a transferência de água de uma única planta para a atmosfera, é apenas função das condições atmosféricas sobre a vegetação, livre de interferências (CARVALHO. L. G. et. al. 2011).

Dado que o termo ET_c é tipicamente determinado em duas etapas aplicando o coeficiente de ajuste K_c à evapotranspiração da cultura de referência (ET_o), neste caso, a cultura hipotética, é possível inferir que o termo ET_p continua a ser usado com mais frequência em estudos climatológicos. Em contraste, a ET_o é muito mais adequado para projetos e gestão de irrigação. A evapotranspiração pode ser descrita como o processo simultâneo de transferência de água do solo, e da transpiração das plantas (CARVALHO. L. G. et. al. 2011).

3.5.3 Capacidade de Água Disponível

Capacidade de Água Disponível (CAD) é a quantidade total de água que é capaz de reter até certa profundidade. Esta profundidade é consistente com o sistema radicular efetivo, que é a região do solo, onde a maioria das raízes absorventes está concentrada. A CAD representa a faixa de umidade disponível para as plantas. No entanto, a dificuldade para uma planta extrair água varia dependendo da quantidade total de água. A dificuldade de extrair água aumenta à medida que a quantidade de água diminui no solo (FERREIRA R., 2016).

A fração de água que é facilmente disponível (AFD) para as plantas é uma quantidade de água que pode ser facilmente extraída do solo por raízes. A AFD crescerá com o crescimento da CAD, uma vez que é um componente da CAD. Desta forma, quando a AFD atinge o nível crítico, ou Umidade Crítica, a irrigação deve começar sem causar déficit hídrico as plantas. Portanto, para alcançar a economia de água, é aconselhável realizar sempre a reposição de água quando a AFD atingir seu ponto crítico (FERREIRA R., 2016).

Em várias aplicações nos campos da Agronomia e Hidrologia, incluindo estudos de equilíbrio hidrológico, disponibilidade de água para as plantas, infiltração, condições de drenagem, condutividade hidráulica, pressão hidrostática e movimento de soluções no solo, a quantidade de água disponível é levada em conta nos projetos de irrigação. Tradicionalmente, os níveis máximo e mínimo de umidade de solo disponível para as plantas são a capacidade do campo (CC) e o ponto de murcha permanente. (PMP). A capacidade de água disponível é definida entre a quantidade máxima de água no solo unidade capacidade de campo (CC) e a quantidade mínima de água no solo a umidade ponto de murcha permanente (PMP) (FERREIRA R., 2016).

A eficácia da técnica de irrigação depende de quão bem as plantas podem usar a água que foi armazenada no solo. Como resultado, a água disponível no solo para diferentes culturas é vista como o espaço entre os valores de umidade do solo em capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), com o PMP as plantas murcham e não mais recuperam a turgidez, mesmo que sejam colocadas em câmara escura e úmida (BRIGGS & SHANTZ, 1912).

3.6 Classificação Climática

Conhecer as condições climáticas de uma determinada região é essencial para organizar estratégias que visem gerir adequadamente os recursos naturais, planejar o desenvolvimento sustentável, implementar práticas agrícolas, sua segurança ambiental e viabilidade (COSTA NETO et. al., 2014). As classificações do clima são baseadas no delineamento e descrição de vários parâmetros climáticos, com o objetivo de sistematizar, sintetizar, simplificar, condensar e comunicar uma quantidade significativa de informações relativas às características climáticas de um determinado local, também conhecido como uma região ou domínio climático. No entanto, deve-se enfatizar que é impossível definir com precisão os limites climáticos, porque o que se observa é uma mudança gradual de um tipo de clima para outro (PASSOS et. al.,2017).

A classificação do clima também pode ser feita para locais específicos, tendo em conta tanto os indicadores climáticos quanto as características da paisagem natural. Esta classificação baseia-se no fato de que a vegetação é parte integrante dos estímulos do ambiente. Os aspectos do clima são examinados a fim de que os dados sobre o clima de um determinado local e produzir uma classificação climática, porque a compreensão do clima de vários locais é necessária para abordar as especificidades de várias áreas de conhecimento e ajudar na organização das atividades humanas (PASSOS et. al.,2017).

Os sistemas de classificação climática identificam os tipos climáticos de vários locais, definidos com base nas características dos parâmetros atmosféricos, correspondentes a contribuições significativas para o planejamento urbano, rural, regional e ambiental, em particular no que diz respeito a atividades diretamente relacionadas com a organização e produção do espaço, como a agricultura, a indústria e o turismo (AYOADE, 2003).

As classificações do clima são baseadas no delineamento e descrição de vários parâmetros climáticos, com o objetivo de conhecimento de uma região ou domínio climático. No entanto, deve-se enfatizar que é impossível definir com precisão os limites climáticos porque o que se observa é uma transição lenta de um tipo de variação climática para outro. Uma área específica da superfície da Terra que é aproximadamente homogênea delineada por um conjunto de condições climáticas é referida como uma região ou domínio climático. (VIANELLO, 1991). Neste sentido, mesmo que vários locais na superfície da Terra não tenham climas idênticos, é possível que a combinação de vários fatores climáticos e

elementos leves a uma região com condições climáticas homogêneas quando comparada a outras, sendo denominada de região climática (MENDONÇA; DANNI OLIVEIRA, 2007).

No geral, o objetivo da classificação climática é identificar, dentro de uma região, áreas com características climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas que forneçam informações valiosas sobre as condições ecológicas, o potencial agrícola e o meio ambiente da região (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005).

3.7 Planejamento Agrícola

A prática do planejamento agrícola está se tornando cada vez mais popular entre os grandes e médios produtores rurais. A adoção deste sistema maximizará a produção cultural e, portanto, os lucros, ao mesmo tempo em que minimizará os custos de produção porque esta técnica é baseada na identificação e eliminação de potenciais razões para a diminuição da produtividade (LIU et. al., 2006).

De acordo com Pennock (2003), o desenvolvimento do modelo de elevação digital (MDE) permite a observação das variações topográficas do solo, e assim, determinar o padrão e a distribuição dos fluxos de água no solo e estabelecer conexões entre as formas do terreno e a variabilidade de seus atributos. Além disso, Schoorl et al. (2000) afirmam que o uso desses modelos facilita a compreensão dos processos de erosão e sedimentação, bem como a redistribuição do solo como resultado desses processos ao longo de uma série histórica.

Uma ferramenta-chave para garantir o sucesso de qualquer empresa rural é o planejamento agrícola, que identifica metas e objetivos e permite a planificação de todas as fases do ciclo de produção agrária. Muitos fatores devem ser levados em conta ao planejar as operações agrícolas, incluindo o clima, o solo, a disponibilidade de água, os recursos financeiros e humanos disponíveis, e a determinação de estratégias de produção (VERDE AGRITECH, 2012).

Um dos primeiros passos que devem ser tomados para realizar um processo de planejamento agrícola de forma eficaz é a definição e objetivos da propriedade. Isso porque eles servirão como guia para todas as outras decisões de propriedade. Por exemplo, se o objetivo é maximizar os lucros, pode ser necessário dar mais prioridade a culturas com valores de mercado mais altos. Se o objetivo é melhorar a preservação do agroecossistema para obter certificação, pode ser necessário investir em técnicas de conservação e utilizar fundos mais sustentáveis (VERDE AGRITECH, 2012).

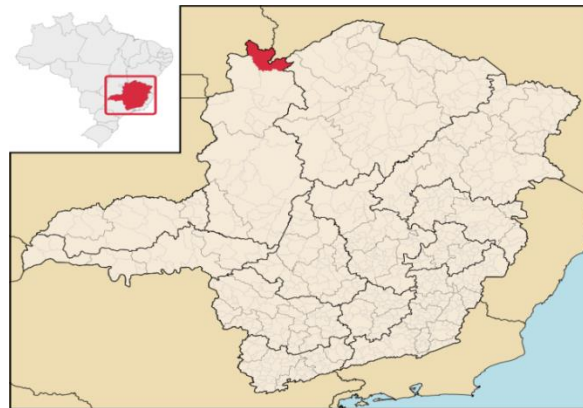
Portanto, o planejamento agrícola é crucial para melhorar a gestão de recursos e riscos em uma propriedade, e que a sua correta execução pode aumentar a competitividade do mercado e trazer crescimento econômico e poupança de custos em várias fases do ciclo de produção agrícolas. É aconselhável que o agricultor defina os objetivos e metas de sua produção e analise os diferentes tipos de dados de mercado e da propriedade, a fim de garantir uma escolha assertiva das tradições agrícolas, práticas e inputs a serem usados. Neste contexto, é crucial fazer sempre uma análise e planejamento minuciosos de cada investimento a ser feito, procurando aqueles com a melhor relação custo-benefício para que, como resultado, todos os benefícios do planejamento agrícola para o futuro possam ser realizados (VERDE AGRITECH, 2012).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização

O trabalho foi realizado no município de Formoso- MG, sob as coordenadas geográficas de 14° 56' 59,02" latitude sul e 46° 14' 8,86" de longitude oeste, com uma altitude média de 854,6 m, estabelecido no noroeste do estado de Minas Gerais (Figura 1), com o bioma classificado como Cerrado, tendo tipo de solo o Cambissolo de textura argilosa, Embrapa solos (IBGE 2009).

Figura 1: Localização geográfica do município de Formoso, Minas Gerais



Fonte: IBGE 2009.

4.2 Dados Meteorológicos

Para a realização do Balanço Hídrico Climatológico (BHC), foram utilizados dados diários de precipitação (mm) e temperatura (°C), sendo esses dados provenientes da estação meteorológica convencional pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de 01 de janeiro de 1985 a novembro de 2022, com isso totalizou uma série histórica de 37 anos. A Estação Meteorológica de Formoso é do tipo convencional, e foi instalada pelo Inmet no Município de Formoso-MG (14° 56' 59,02" S, 46° 14' 8,86" W; altitude 854,6 m; código da estação: 83334) (Instituto Nacional de Meteorologia, 2021). Está localizada na Mesorregião Noroeste de Minas (Figura 2), Microrregião de Unaí, na Bacia do Rio São Francisco e sub-bacia do Rio Pandeiros (IBGE, 2009).

Figura 2: Localização geográfica da estação meteorológica convencional do município de Formoso, Minas Gerais.



Fonte: IBGE 2009.

4.3 Balanço Hídrico Climatológico

Para o cálculo do BHC foi utilizado o método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955). Para a execução do BHC, foi adotado o valor de 70 mm e de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD), o valor de CAD adotado foi considerado devido ao tipo de solo da região e as características das culturas implantadas anualmente pelos agricultores. A evapotranspiração potencial (ETp) foi determinada utilizando os dados meteorológicos pelo método de Thornthwaite segundo as equações 4 e 5, compreendendo os meses de janeiro a dezembro calculando o valor do índice térmico anual I, utilizando a seguinte equações 1, 2 e 3:

$$I = \Sigma(0,2 \times Tm)^{1,514} \quad (1)$$

Em que,

I = índice térmico anual (-);

Tm = temperatura média anual.

Calculou-se o valor da constante “a”, utilizando a seguinte equação:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,792 \times 10^{-2} \times I + 0,49239 \quad (2)$$

Calculou-se a Ep – evapotranspiração potencial, utilizando a seguinte equação:

$$Ep = 16 \left(\frac{ti}{I} \right)^a \quad (3)$$

Em que,

EP = evapotranspiração potencial (mm);

t_i = temperatura média mensal, °C;

I = índice térmico anual (-);

a = constante que depende do local (-).

Ajustou-se a Corr – correção, conforme os valores.

Calculou-se a ETp – evapotranspiração potencial corrigida, utilizando a seguinte equação:

$$ETp = EP \text{ Corr} \quad (4)$$

Em que,

ETp = evapotranspiração potencial corrigida (mm).

Sendo:

ETp: Evapotranspiração potencial calculada para o período (mm/período);

COR: Fator de correção calculado por:

$$COR = \frac{N}{12} \times \frac{NDP}{30} \quad (5)$$

Sendo:

N: Fotoperíodo do período em questão (h) e

NDP: Número de dias do período.

Assim com os dados mensais de precipitação (mm) e temperatura (°C), foi possível determinar os seguintes parâmetros: evapotranspiração potencial para um mês de 30 dias (EP em mm), correção da evapotranspiração de acordo com a latitude do local e mês (Corr. é adimensional), evapotranspiração potencial (ETP em mm), negativo acumulado (Neg.Ac. em mm), armazenamento de água no solo (ARM em mm), alteração no armazenamento (ALT em mm), evapotranspiração real (ETR em mm), deficiência hídrica (DEF em mm) e excedente hídrico (EXC em mm), para obter o Balanço Hídrico Climatológico.

Calculou-se o Negativo Acumulado, observando o seguinte critério (equação 6):

$$\text{NegAc} = \text{CAD} \ln\left(\frac{\text{ARM}}{\text{CAD}}\right) \quad (6)$$

Calculou-se o ARM –armazenamento de água no solo, de acordo com o seguinte critério (equação 7):

Início da estação chuvosa:

$$\text{ARM} = \text{ARM} + (\text{P}-\text{ETP}) \quad (7)$$

A alteração da umidade do solo foi calculada, utilizando a seguinte equação

8:

$$ALT = ARM - ARM_i \quad (8)$$

Calculou-se a ETR – Evapotranspiração real, observando os seguintes critérios (equação 9 e 10):

$$\text{Se } (P - ETP) \geq 0 \quad ETR = ETP \quad (9)$$

$$\text{Se } (P - ETP) < 0 \quad ETR = P - ALT \quad (10)$$

Calculou-se a DEF – deficiência hídrica, utilizando a seguinte equação

11:

$$DEF = ETP - ETR \quad (11)$$

O EXC – excedente hídrico foi calculado, de acordo com os seguintes critérios (equação 12):

$$\text{Apenas quando } (P - ETP) > 0 \text{ então } ARM = CAD \quad (12)$$

$$EXC = (P - ETP) - ALT$$

4.4 Classificação Climática

4.4.1 Classificação de Thornthwaite e Mather

A classificação climática foi estimada a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955), que utiliza os dados de excesso e deficiência hídrica anual obtida do BHC para encontrar os Índices: Hídrico (Ih), de Aridez (Ia) e de Umidade (Iu), de acordo com as equações 13, 14 e 15:

$$I_h = (EXC/ETP) \times 100 \quad (13)$$

$$I_a = (DEF/ETP) \times 100 \quad (14)$$

$$I_u = (I_h - 0,6) \times I_a \quad (15)$$

Em que: I_h = Índice hídrico (%); I_a = índice de aridez (%); I_u = índice de umidade (%).

A partir dos índices obtidos, foram determinadas a primeira e a segunda-chave para a classificação climática (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Chave inicial da classificação climática segundo Thornthwaite, baseado nos índices de umidade.

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Iu)
A – Super úmido	$100 \leq Iu$
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 – Sub-úmido	$00 \leq Iu < 20$
C1 – Sub-úmido seco	$-33,33 \leq Iu < 00$
D – Semi-árido	$-66,7 \leq Iu < -33,33$
E – Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

Tabela 2. Segunda-chave-subtipos climáticos, segundo Thornthwaite, baseados nos índices de aridez e umidade.

Climas úmidos (A, B4, B3, B2, B1 e C2)	Índice de aridez (Ia)	Climas secos (C1, D e E)	Índice de umidade (Iu)
r – pequena ou nenhuma deficiência de água	0 – 16,7	d – pequeno ou nenhum excesso de água	0 -10
s – moderada deficiência no verão	16,7 – 33,33	s – moderado excesso de inverno	10 - 20
w – moderada deficiência no inverno	16,7 – 33,33	w – moderado excesso de verão	10 - 20
s2 – grande deficiência no verão	> 33,33	s2 – largo excesso de inverno	20
w2 – grande deficiência no inverno	> 33,33	w2 – largo excesso de verão	20

A partir do BHC, com os dados de precipitação foram obtidos a terceira e

quarta chave para classificação climática (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual).

Tipo climático	Índice térmico (ETo 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

Tabela 4. Quarta chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado na relação entre ETP de verão (ETPv) e anual (ETP).

Subtipo climático	Concentração da ETP no verão (%)
a'	$< 48\%$
b'4	48-51,9
b'3	51,9-56,3
b'2	56,3-61,6
b'1	61,6-68
c'2	68-76,3
c'1	76,3-88
d'	> 88

4.4.2 Classificação de Koppen

A Classificação climática de Koppen é baseada principalmente na quantidade e distribuição de precipitação e temperatura, anual e mensal. Os elementos de temperatura e precipitação constituem um critério inicial para a divisão dos tipos de clima. Por ser uma classificação climática com mais de um século, a classificação de Koppen passou por algumas adaptações de outros autores, como a de Setzer (1966), que simplificou a classificação criando uma chave classificatória (Quadro1), a qual será utilizada na classificação climática do município de Formoso- MG.

Tabela 5. Chave de Classificação de Climática de Köppen

Temperatura média Normal		Total de chuva do mês mais seco (Pms)	Total de chuva anual (P)	Descrição do Tipo de Clima segundo Köppen (Climas Úmidos)		Símbolo
do mês mais frio	do mês mais quente					
≥ 18°C	≥ 22°C	≥ 60mm	< 2500 - 27,27. Pms	TROPICAL	sem estação seca	Af
		< 60mm			≥ 2500 - 27,27. Pms	TROPICAL com chuvas excessivas
< 18°C	< 22°C	< 30mm		SUBTROPICAL	Quente	Am
					Temperado	Cwa
	Quente	Cwb				
	Temperado	sem estação seca			Cfa	
	≥ 22°C	≥ 30mm				Cfb
	< 22°C					

4.5 Tratamentos dos dados

Os dados foram obtidos na planilha da estação meteorológica de Formoso- MG, realizando assim uma média mensal. Tanto para a precipitação quanto a temperatura média, e assim foram trabalhados para determinar a classificação climática e balanço hídrico climatológico para auxiliar no planejamento agrícola, na tomada de decisão. Assim identificar os meses com deficiência e excesso hídrico para o CAD 70 mm e 100 mm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

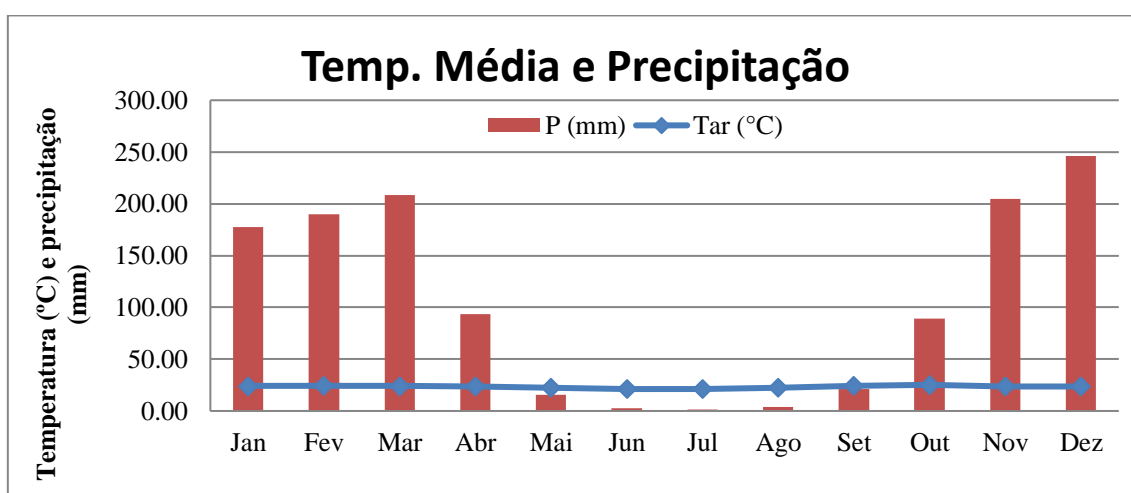
Para a área de Formoso- MG verificou-se uma temperatura média mensal durante o ciclo de 23,4°C, apresentando temperatura média máxima de 25,2°C no mês de outubro, e temperatura média mínima de 21,2°C no mês de julho. Os dados de precipitação pluviométrica somaram uma total média de 1254,46 mm no ano. O mês de dezembro mostrou-se ser o mais chuvoso, com um total mensal médio de 246,22 mm, tendo o mês de outubro 204,96 mm, o mês de janeiro 177,50 mm, no mês de fevereiro 189,69 mm e no mês de março 208,28 mm, com distribuição irregular ao longo do ano, com mínima de 1,65 mm no mês de julho.

A partir do mês de abril inicia o período seco com baixos volumes de precipitação, que ocorre entre os meses de abril até outubro, tendo o mês de julho o mês mais seco, em consequência esse mês é o mês mais crítico do ano que irá conter pouca contribuição para o armazenamento de água no solo ou terá um grande déficit hídrico.

Em relação ao déficit hídrico, os meses de maior precipitação apresentam índices iguais à zero potencializando assim a região para a produção de diversas culturas. Já os meses que apresentam taxas menores do que zero provocam maior gasto com irrigação e tecnologias de produção no caso de um plantio nesses respectivos meses.

Através da Figura 3, verifica-se que ocorre uma tendência de queda de precipitação de março (208,28 mm) até julho, quando atinge seu valor mínimo (1,65 mm), a temperatura média possui pouca variação, pelo fato da região possuir baixa amplitude térmica.

Figura 3 – Níveis de temperatura média e de precipitação do município de Formoso, Minas Gerais. Método de Thornthwaite & Mather (1955). Período: 1985-2022.



Fonte: Do Autor (2023).

Com base no Balanço Hídrico Climatológico constata-se que a deficiência hídrica se inicia no mês de abril e termina no final de Outubro, enquanto que o excedente hídrico inicia

no mês de novembro e termina quase no final de março. Assim, pode-se prever o período em que o cultivo agrícola será menos adequado em virtude da falta de água no solo.

O Balanço Hídrico Climatológico, ao estabelecer todos os ganhos e perdas hídricas em determinada parcela do solo, torna-se de extrema importância na busca de economia de água em diversas aplicações, principalmente no processo de irrigação. Porém, contabilizá-lo através de equipamentos de alta tecnologia e mão-de-obra especializada é muito dispendioso, tornando tais medidas inacessíveis a grande parte dos agricultores.

A estimativa do BHC e a classificação climática são ferramentas indispensáveis para a determinação da aptidão de áreas para culturas agrícolas e no planejamento de sistemas de irrigação (PASSOS et al., 2017). Os recursos hídricos desempenham importante papel para a manutenção da vida, e, portanto, da existência deste recurso depende a sobrevivência da espécie humana, a conservação e o equilíbrio da biodiversidade e as relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI et al., 2008). O conhecimento das variáveis de saída do BHC permitem o planejamento agropecuário e as práticas de controle de produção, disponibilizando informações aos produtores que possam identificar as fragilidades climáticas, sendo uma ferramenta essencial para o sucesso de um empreendimento agrícola, que inclui a decisão de optar ou não por sistemas de irrigação para suprir a deficiência hídrica (SANTOS et. al., 2010).

O balanço hídrico climatológico (BHC) pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o município de Formoso- MG, está apresentado nas tabelas A e B abaixo, sendo eles para CAD 100mm (Tabela 6 A) e CAD 70mm (Tabela 6 B).

Tabela 6: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), para o município de Formoso- MG, no período de 1985 à 2022, CAD 70 mm (A) e CAD 100 mm (B)

A.

Mês	Tar (°C)	ETt (mm)	COR	ETP (mm)	P (mm)	P - ETP	NEG ACU	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,0	103,04	1,07	110,34	177,50	67,16	0	70	0	110,34	0,00	67,16
Fev	24,3	106,03	1,06	112,66	189,69	77,03	0	70	0,00	112,66	0,00	77,03
Mar	23,9	101,93	0,98	99,43	208,28	108,85	0	70	0,00	99,43	0,00	108,85
Abr	23,8	100,68	0,97	97,49	93,40	-4,09	-4,09	66,03	-3,97	97,37	0,12	0
Mai	22,6	86,92	0,95	82,31	15,70	-66,61	-70,70	25,50	-40,53	56,24	26,08	0
Jun	21,3	73,08	0,93	68,04	2,77	-65,27	-135,97	10,03	-15,46	18,23	49,81	0
Jul	21,2	72,01	0,93	66,92	1,65	-65,27	-201,24	3,95	-6,09	7,74	59,19	0
Ago	22,5	85,03	0,97	82,35	3,99	-78,36	-279,60	1,29	-2,66	6,65	75,70	0
Set	24,5	108,71	1,03	111,50	21,40	-90,10	-369,71	0,36	-0,93	22,33	89,17	0
Out	25,2	118,30	1,06	125,31	88,91	-36,40	-406,11	0,21	-0,14	89,05	36,26	0
Nov	23,9	101,76	1,06	107,95	204,96	97,01	0,00	70,00	69,79	107,95	0,00	27,22
Dez	23,8	100,59	1,07	107,97	246,22	138,24	0	70	0,00	107,97	0,00	138,24
Ano	23,4			1172,28	1254,46	82,18	-1467,42	457,37	0,00	835,96	336,32	418,50

B.

Mês	Tar (°C)	ETt (mm)	COR	ETP (mm)	P (mm)	P - ETP	NEG ACU	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,0	103,04	1,07	110,34	177,50	67,16	0	100	0	110,34	0,00	67,16
Fev	24,3	106,03	1,06	112,66	189,69	77,03	0	100	0,00	112,66	0,00	77,03
Mar	23,9	101,93	0,98	99,43	208,28	108,85	0	100	0,00	99,43	0,00	108,85
Abr	23,8	100,68	0,97	97,49	93,40	-4,09	-4,09	96,00	-4,00	97,40	0,08	0
Mai	22,6	86,92	0,95	82,31	15,70	-66,61	-70,70	49,31	-46,68	62,38	19,93	0
Jun	21,3	73,08	0,93	68,04	2,77	-65,27	-135,97	25,67	-23,64	26,41	41,63	0
Jul	21,2	72,01	0,93	66,92	1,65	-65,27	-201,24	13,37	-12,31	13,96	52,97	0
Ago	22,5	85,03	0,97	82,35	3,99	-78,36	-279,60	6,11	-7,26	11,25	71,10	0
Set	24,5	108,71	1,03	111,50	21,40	-90,10	-369,71	2,48	-3,63	25,03	86,48	0
Out	25,2	118,30	1,06	125,31	88,91	-36,40	-406,11	1,72	-0,76	89,66	35,65	0
Nov	23,9	101,76	1,06	107,95	204,96	97,01	-1,28	98,73	97,01	107,95	0,00	0
Dez	23,8	100,59	1,07	107,97	246,22	138,24	0	100	1,27	107,97	0,00	136,97
Ano	23,4			1172,28	1254,46	82,18	-1468,69	693,39	0,00	864,45	307,83	390,01

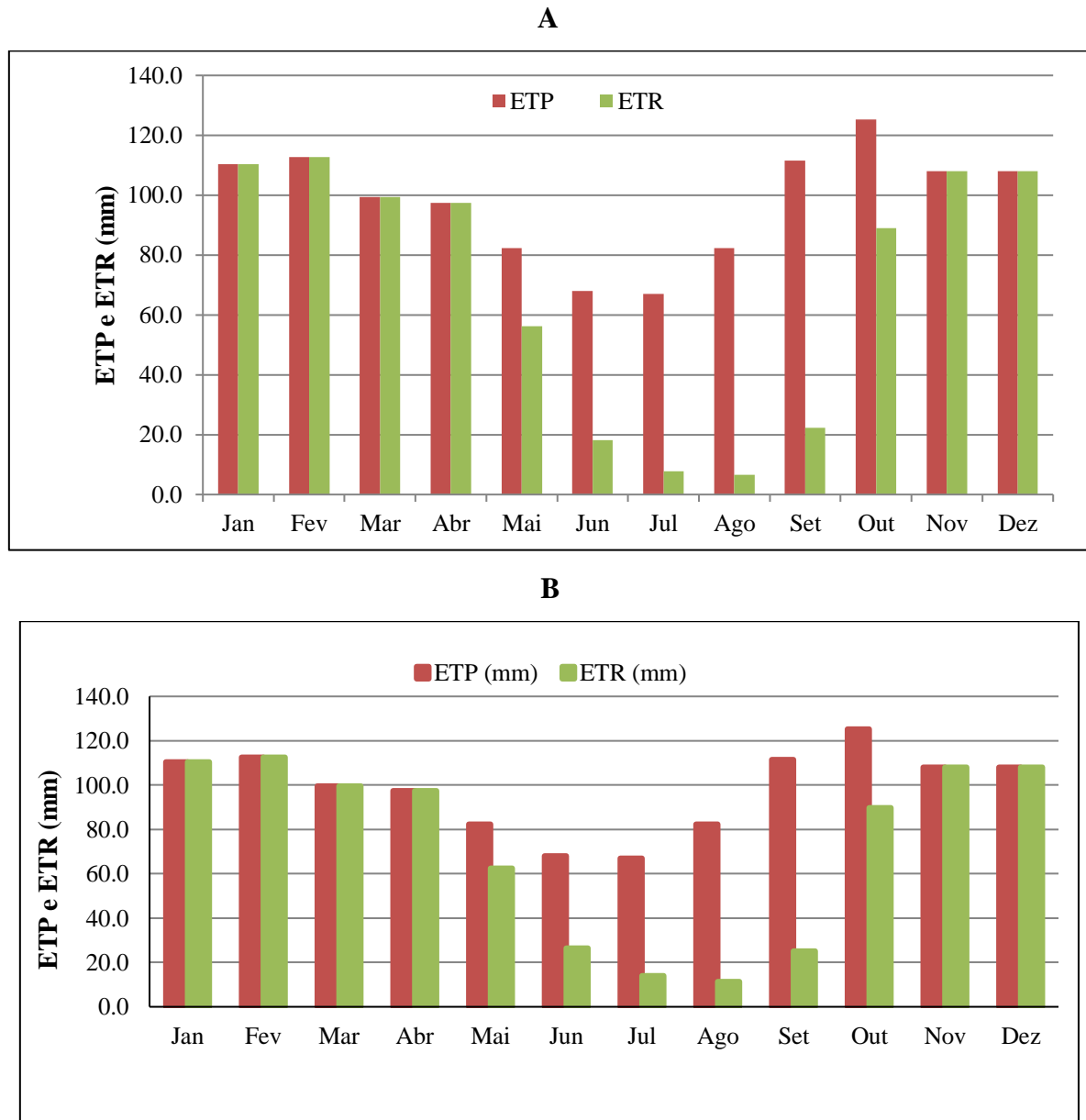
T – Temperatura do ar; ETt- Evapotranspiração potencial para o mês de 30 dias; COR- Correção da evapotranspiração; P- Precipitação; ETP- Evapotranspiração potencial; P – ETP- Quantidade de água que permanece no solo; NEG. AC.- Negativo acumulado; ARM- Armazenamento de água no solo; ALT- ARM atual – ARM anterior; ETR- Evapotranspiração real; DEF- Deficiência hídrica e EXC- Excedente hídrico. Fonte: Do autor (2023).

Ja a evapotranspiração potencial (ETP) resultou uma taxa anual de 1172,28 mm, com variação mínima de 66,92 mm no mês de julho e máxima de 125,31 mm no mês de outubro (Tabela 6), compreendendo a evapotranspiração anual.

Através da Figura 4, verifica-se que ocorre uma tendência de queda da evapotranspiração (ETP) em março (99,43 mm) até agosto, onde em julho atinge seu valor mínimo (66,92 mm).

Nas Figuras 4 apresentam os níveis de evapotranspiração (ETP) e evapotranspiração de referência (ETR) usando CAD 70 mm e CAD 100 mm do município de Formoso, Minas Gerais. Método de Thornthwaite & Mather (1955). Período: 1985-2022.

Figura 4 – Níveis de evapotranspiração (ETP) e evapotranspiração de referência (ETR) usando CAD 70 mm (A) e CAD 100 mm (B) do município de Formoso, Minas Gerais. Método de Thornthwaite & Mather (1955).



Fonte: Do Autor (2023).

De acordo com a Figura 4, pode-se observar que a evapotranspiração potencial (ETp) apresentou uma soma de 1172,28 mm tanto para a CAD 70 mm quanto para o CAD 100 mm, sendo que nos meses de março a agosto observa-se grande índice de evapotranspiração da

água quando comparada a precipitação pluviométrica registrada. A evapotranspiração real (ETr) somou um valor de 835,96 mm para o CAD 70 mm e um valor de 864,45 mm para o CAD 100 mm, tendo assim um valor abaixo da evapotranspiração potencial. Esse déficit hídrico reflete diretamente na produtividade final da cultura, pois a ausência de água necessária afeta no desenvolvimento fisiológico da cultura, afetando assim a produção.

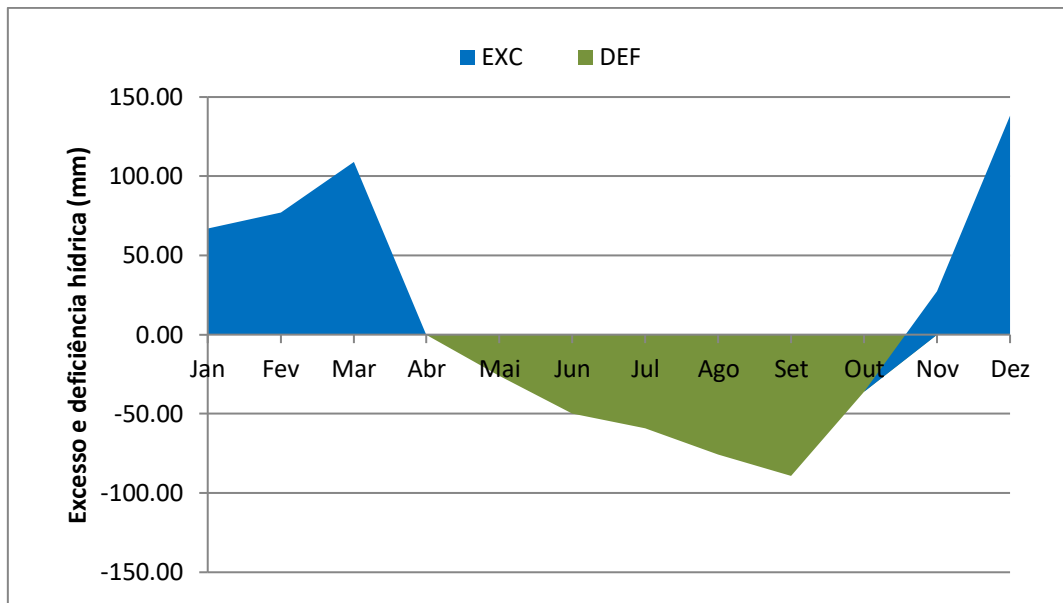
O período de deficiência hídrica em Formoso fica compreendido nos meses de abril a outubro, mas tendo assim que o mês de julho e o mês de maior deficiência hídrica. Essa condição de deficiência está associada à baixa temperatura e precipitação em julho. Tal período coincide com plantio de culturas como milho, soja e feijão, devendo ser realizado um planejamento de modo a suprir suas necessidades hídricas (GUIMARÃES et al., 2006).

Apesar de o Balanço Hídrico Climatológico demonstrar que apenas o mês de julho possui déficit hídrico, a região do município de Formoso sendo assim uma das regiões com maiores riscos de estiagens extremas no estado de Minas Gerais (PINTO et al., 2009).

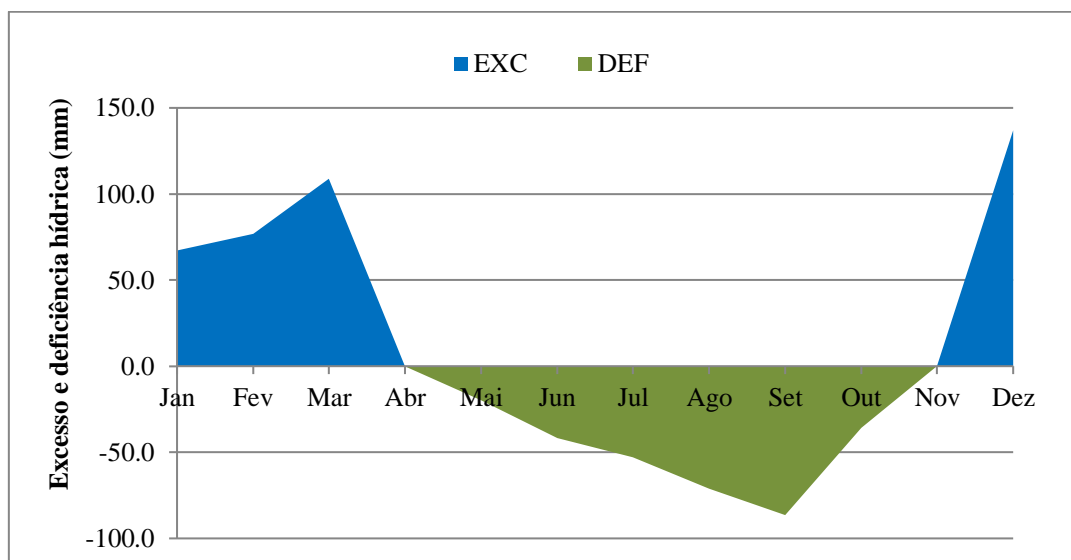
Nas Figuras 5 apresenta a deficiência hídrica e excedente hídrico para CAD 70 mm e para o CAD 100 mm de 1985 à 2022 em Formoso, Minas Gerais.

Figura 5 – Deficiência hídrica e excedente hídrico para CAD 70 mm (A) e CAD 100 mm (B) de 1985 à 2022 em Formoso, Minas Gerais.

A



B



Fonte: Do Autor (2023).

Observando-se o Balanço Hídrico Climatológico para o município de Formoso (Figura 5 A e B), que apenas no decorrer dos meses de abril a outubro acontece déficit hídrico, com uma deficiência mensal total de 336,32 mm para o CAD 70 mm e uma deficiência mensal total de 307,83 mm para o CAD 100 mm. Após o déficit hídrico de abril a outubro, constata-se que a reposição hídrica ocorre em novembro, onde se inicia o período chuvoso que dura até março do próximo ano.

Portanto, a estimativa do balanço hídrico pelo método adotado, pode ser utilizado para o município de Formoso para classificação climática, caracterização hidrológica, estudos do meio ambiente e planejamento agrícola (DOURADO-NETO et. al., 2010).

Fazendo uma comparação do município de Formoso- MG e o município de Unai- MG com o CAD de 100 mm, foi observado que a deficiência hídrica anual acumulada nas duas cidades estão distribuídas entre abril e outubro; e o excedente hídrico entre dezembro e março, contudo observa-se que para a melhor forma de ter uma produção satisfatória deve se fazer o planejamento agrícola que sera uma ferramenta muito importante para garantir o sucesso de qualquer empreendimento rural, uma vez que ele define metas e objetivos e permite o planejamento de todas as etapas da cadeia produtiva agrícola. Existem diversos fatores a serem considerados no planejamento agrícola, como o clima, o solo, a disponibilidade de água, os recursos financeiros e humanos disponíveis. Para a definição de estratégias de produção para ter uma tomada de decisão satisfatória, os produtores do município de Formoso- MG deveram começar o plantio das determinadas culturas com milho, soja e feijão no meio para o final de novembro, quando vai estar no início das chuvas para que faça a colheita no próximo ano, pois nesse período estará chuvoso, e com isso os produtores não gastar para o acionamento dos pivôs, com isso tendo um retorno aos produtores.

A partir dos índices do Balanço Hídrico Climatológico, foi possível realizar a classificação climática (Tabela 7). Utilizando-se o CAD 70 mm, foi possível realizar a classificação climática, realizando assim a primeira chave de classificação para obtenção do tipo climático baseado no índice de umidade obteve-se a letra C2 referindo-se a um clima sub umido. Em seguida, por meio da “segunda chave”, com base no índice de aridez (Ia) igual a 28,68 e índice hídrico (Ih) igual a 35,69, obteve-se a letra w2, caracterizando com grande deficiência no inverno. Já a “terceira chave” definida em função da evapotranspiração potencial (ETPanual) de 1172,28 mm, determinou-se o subtipo A', que indica clima megatérmico. Por último, através da “quarta chave”, que representa a relação entre a evapotranspiração potencial de verão (ETPv) igual a 0,280 obtida pela soma proporcional da ETP dos meses de verão (21 de dezembro a 21 de março) (ROLIM; APARECIDO, 2015), dividida pela evapotranspiração anual (ETPanual), igual a 1172,28 mm, determinando-se o subtipo a'.

Tabela 7 – Classificação climática para CAD 70 mm do município de Formoso, Minas

Gerais.

Ih (%)	Ia (%)	Iu (%)	ETPanual (mm)	ETPv/ETPanual
35.69	28,68	.18,4	1172,28	0,280
-	w2	C2	A'	a'

Fonte: Do Autor (2023).

Assim, a fórmula climática completa é C2w2A'a', ou seja, o clima para o município de Formoso é caracterizado como megatérmico com grande deficiência no inverno em relação a água.

Utilizando-se CAD 100 mm, , foi possível realizar a classificação climática (Tabela 8) realizando assim a primeira chave de classificação para obtenção do tipo climático baseado no índice de umidade obteve-se a letra C2 referindo-se a um clima sub úmido. Em seguida, por meio da “segunda chave”, com base no índice de aridez (Ia) igual a 26,26 e índice hídrico (Ih) igual a 33,27, obteve-se a letra w, caracterizando moderada deficiência no inverno. Já a “terceira chave” definida em função da evapotranspiração potencial (ETPanual) de 1172,28 mm, determinou-se o subtipo A', que indica clima megatérmico. Por último, através da “quarta chave”, que representa a relação entre a evapotranspiração potencial de verão (ETPv) igual a 0,280 mm obtida pela soma proporcional da ETP dos meses de verão (21 de dezembro a 21 de março) (ROLIM; APARECIDO, 2015), dividida pela evapotranspiração anual (ETPanual), igual a 1172,28 mm, determinando-se o subtipo a'.

Tabela 8 – Classificação climática para CAD 100 mm do município de Formoso, Minas Gerais.

Ih (%)	Ia (%)	Iu (%)	ETPanual (mm)	ETPv/ETPanual
33.27	26,26	17,56	1172,28	0,280
-	W	C2	A'	a'

Fonte: Do Autor (2023).

Assim, a fórmula climática completa é C2wA'a', ou seja, o clima para o município de Formoso é caracterizado como megatérmico com moderada deficiência no inverno em relação à água.

A classificação climática obtida é semelhante a existente pelo método de Koopen (Awi), pela Tabela 5, porém, esta não diferencia os tipos climáticos perdendo em detalhes, enquanto a de Thornthwaite e Mather, além de levar em conta a temperatura, precipitação e

evapotranspiração, apresenta em detalhe o período de déficit hídrico anual da localidade (OLIVEIRA,2019).

6 CONCLUSÃO

O município de Formoso- MG apresentou deficiência hídrica para os CAD 70 mm e CAD 100 mm nos meses de abril a outubro e excedente hídrico nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março.

Para as principais atividades agrícolas de Formoso- MG, recomenda-se ser feito o plantio das culturas em meados do mês de novembro a março que são os meses do período chuvoso, já nos meses de abril a outubro tem-se a escassez hídrica, com isso recomendasse a irrigação para os períodos de verão e de escassez hídrica, já que a precipitação nos demais períodos atendem as necessidades hídricas das culturas.

Pela classificação climática, o município ficou descrito como C2wA'a' para o CAD 100 mm representando um clima megatérmico com moderada deficiência no inverno em relação à água. Já para o CAD 70 mm ficou descrito como C2w2A'a', representando um clima megatérmico com grande deficiência no inverno em relação à água.

A classificação do clima obtida pelo método de Köppen foi Aw, mas não distingue entre os tipos de clima, enquanto a classificação de Thornthwaite e Mather, além de levar em conta temperatura, precipitação e evapotranspiração, também apresenta detalhadamente o período de déficit hidrológico anual do local.

REFERÊNCIAS

- A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA AGRICULTURA. ROTOPLASTYC, 2018. Disponível em: <<https://rotoplastyc.com.br/a-importancia-da-agua-na-agricultura/>>. Acesso em: 15/05/2023.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S.; BASTOS, E.A.; BARROS, A.H.C.; SILVA, C.O.; GOMES, A.A.N. 2005. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. *Revista Ciência Agronômica* 36, 143-151.
- ANDRIUCCI, L. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FERREIRA, M. E. M. C., 2002. Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na Bacia do rio Pirapó – PR. **Boletim de Geografia**, v. 20 p. 214-57, 2002.
- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.
- BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para Água. **Revista de Estudos Avançados**, v. 22, n. 63. 2008.
- BARRETO, C. E. A. G., WENDLAND, E., & MARCUZZO, F. F. N. (2009). Estimativa da evapotranspiração a partir de variação de nível estático de aquífero. **Engenharia Agrícola**, 29, 52-61.
- BOLETIM DO TEMPO PRESENTE, Recife-PE, v. 09, n. 01, p. 70-92, jan./jun. 2020.
- BRIGGS, L. J.; SHANTZ, H. L. The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. Washington: Department of Agriculture. 1912. 83p. Bulletin 230.
- BRITO, T. R. C., LIMA, J. R. S., OLIVEIRA, C. L., SOUZA, R. M. S., ANTONINO, A. C. D., MEDEIROS, E. V. ... ALVES, E. M. (2020). Mudanças no Uso da Terra e Efeito nos Componentes do Balanço Hídrico no Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 13(2), 870-886.
- CARVALHO, D.F. & SILVA, L.D.B., HIDROLOGIA. Rio de Janeiro, Maio 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>

CARVALHO, L.G. de; RIOS, G.F.A.; MIRANDA, W.L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, p.456-465, 2011. DOI: 10.5216/pat.v41i3.12760. » <https://doi.org/10.5216/pat.v41i3.12760>.

CALBETE, N. O.; CALBETE, S. R.; ROZANTE, J. R.; LEMOS, C. F. Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil, 1996. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 29 abr. 2013.

CAMERA, C.; BRUGGEMAN, A.; HADJINICOLAOU, P.; PASHIARDIS, S.; LANGE, M.A. Evaluation of interpolation techniques for the creation of gridded daily precipitation (1X1 km²) Cyprus, 1980-2010. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 119, n. 2, p. 693-712, 2014.

CARMO, R. L., OJIMA, A. L. R O., OJIMA, R., NASCIMENTO, T. T. Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. *Ambiente e Sociedade*. Campinas, SP, Brasil. V.X, n 1. P. 83-96. Jan-jun, 2007.

CASTRO, F.; PEZZOPANE, R.C.; PEZZOPABE, J.; XAVIER, A. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 8, p.871-880, 2010.

CLARKE, R. T.; TUCCI, C. E.; COLLISCHONN, W. Variabilidade temporal no regime hidrológico da bacia do rio Paraguai. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol. 8 n. 1 jan mar p. 201-211, 2003.

CLIMATEMPO. Climatempo News Ao Vivo Disponível em: <http://www.climatempo.com.br/videos/ao-vivo> Acesso em: 10 de setembro de 2015.

COSTA NETO, F. A.; MEDEIROS, R. M.; SOUSA, E. P.; OLIVEIRA, R. C. S. Balanço hídrico como planejamento para a cidade de Olivedos-PB. **In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, CONTECC, 2014. Centro de Convenções Atlantic City – Teresina, 2014.

CUNHA, G.; HASS, J.; MALUFI, J.; CARAMORI, P.; ASSAD, E.; BRAGA, H.; ZULLO, J.; LAZZAROTTO, C.; GONÇALVES, S.; WREGE, M.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S.; PINTO, H.; BRUNINI, O.; THOMÉ, V.; ZAMPIERI, S.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M.; PANDOLFO, C. Zoneamento agrícola e época de semeadura para o trigo no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 400-414, 2001.

DANTAS, A. A. A., CARVALHO, L. G., FERREIRA, E. Classificação e tendências em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1862-1866, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000600039>.

DOURADO-NETO, D.; LIER, Q. J. V.; METSELAAR, K.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R. General procedure to initialize the cyclic soil water balance by the Thornthwaite and Mather method. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 87-95, 2010. DOI: [10.1590/S0103-90162010000100013](https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000100013).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA PARQUE ESTAÇÃO BIOLÓGICA - PQEB, O DESAFIO DO USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA BRASILEIRA, s/nº, Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/sobre-o-tema>>. Acesso em: 10 mai 2023.

ESTIAGENS EXTREMAS AFETAM A AGRICULTURA NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL. **IRRIGA**, BOTUCATU, EDIÇÃO ESPECIAL – SUL, v. 1, n. 2, p. 297-307, 2021. DOI: [10.15809/irriga.2021v1n2p297](https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n2p297).

FERNANDES, A. L. T.; SILVA, F. C.; FOLEGATTI, M. V. Uso de estações automáticas para controle de irrigação no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Sociedade Brasileira Agrometeorologia/UFPB, 1995. p. 1-3.

FERREIRA R., Água disponível no solo. AGROSMART, 2016. Disponível em: <<http://suporte.cultivointeligente.com.br/pt-BR/articles/3763370-agua-disponivel-no-solo>>. Acesso em: 18 mai 2023.

HERRMANN, M. Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina Florianópolis. IOESC, 136p. 2006. Disponível em http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2006/01/Atlas_Ceped.pdf Acesso em 06 de fevereiro de 2017.

HÍDRICO PARA DIFERENTES REGIMES PLUVIOMÉTRICOS NA REGIÃO CRUZ DAS ALMAS-BA. **REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, BELÉM, v. 59, n. 3, p. 252-258, 2016. DOI: [10.4322/rca.2205](https://doi.org/10.4322/rca.2205).

IBGE CIDADES. O Brasil Município por Município. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Consultado em 19 de agosto de 2009.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BRASÍLIA, DF, BRASIL. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/mapasPrecipitacao> Acesso em: 10 de setembro de 2015.

INPE/CPTEC - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. CACHOEIRA PAULISTA, SP, BRASIL. Disponível em: <http://previsaonumerica.cptec.inpe.br/> Acesso em: 10 de setembro de 2015.

JONES, P.D.; LISTER, D.H.; HARPHAM, C.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O. Construction of a daily precipitation grid for southeastern South America for the period 1961-2000. *International Journal of Climatology*, v. 33, n. 11, p. 2508-2519, 2012.

KÖPPEN, W. (1931). GRUNDRISS DER KLIMAKUNDE: **OUTLINE OF CLIMATE SCIENCE** (p. 388). Berlin: Walter de Gruyter.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M.; SILVA, F. A. M.; SANO, E. E. Variabilidade espaço-temporal da vazão específica média no Estado de Goiás. In: **Simpósio Internacional de Savanas Tropicais**. II, 2008, Brasília: Anais... p 1-6, 2008.

LIU, T. L.; JUANG, K.W.; LEE, D. Y. INTERPOLATING SOIL PROPERTIES USING KRIGING COMBINED WITH CATEGORICAL INFORMATION OF SOIL MAPS. *Soil Science Society of America Journal*, v.70, n.4, p.1200-1209, 2006.

LUCAS, T.P.B.; PLEC, D.; ABREU, M., L.; PARIZZI, M.G. Identificação de interpoladores adequados a dados de chuva a partir de parâmetros estatísticos. Curitiba. Associação Brasileira de Climatologia, *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 13, p. 7-21, 2013.

MASSIGNAM, A.M.; PANDOLFO, C.; HECK, T.; VIANNA, L.F.; ZAMPIERI, S.; JUSTEN, J. Zoneamento climático da pupunha (*Bactris gasipaes*) para o Estado de Santa Catarina. *Revista Agropecuária Catarinense Florianópolis*, v. 27, n. 1, p. 86 – 90, 2014. *Mather. Bragantia*, Campinas, v.64, n.2, p.311-313, 2005.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORAES-SANTOS, E.C.; SOUZA, T. M.; BALESTIERI, J. A. P. The use of solar water heating system and the financial economy and electricity – Case study in municipality of Tremembé, São Paulo, Brazil. *Sodebras*, São Paulo, v. 10, n. 116, p. 101-104, Agosto/2015.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Observation. National Weather Service, Silver Spring, MD, USA. Disponível em: <http://www.weather.gov/forecastmaps> Acesso em: 10 de setembro de 2015.

OLIVEIRA, J. A. M. Balanço hídrico e classificação climática para o município de Januária-MG. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 15, n. 1, p. 86-91, 2019. DOI: [10.30969/acsa.v15i1.1084](https://doi.org/10.30969/acsa.v15i1.1084).

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.

PELOTAS, FACULDADE DE METEOROLOGIA. RS. IN: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 7, 2002, Foz de Iguaçu-PR. Anais. Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1 CD-ROM. Foz do Iguaçu, 2002.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. *Proceedings of the Royal Society, London*, v. 193, n. 1, p. 120-146, 1948.

PENNOCK, D. J. Terrain attributes, landform segmentation, and soil redistribution. *Soil and Tillage Research*, v.69, n.1-2, p.15-26, 2003.

PEREIRA, Antonio Roberto. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 2, 2005.

PETTS, G. & FOSTER, I., Rios e Paisagem. The Athenaeum Press, 3a. ed., New Castle, Grã-Bretanha. 1990.

PLANEJAMENTO AGRÍCOLA, VERDE AGRITECH, 2012. Disponível em: <<https://blog.verde.ag/pt/administracao-rural/o-que-e-planejamento-agricola/>>. Acesso em: 18 mai 2023.

PRECIPITAÇÃO, METEOBLUE 2006. Disponível em: <<https://content.meteoblue.com/pt/pesquisa-educacao/especificacoes/variaveis-meteorologicas/precipitacao>>. Acesso em: 16 mai 2023.

PEREIRA, ANTONIO ROBERTO. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwait – PETTS, G. & FOSTER, I. **Rivers and Landscape**. The Athenaeum Press, 3 ed., New Castle, Great Britain, 1990.

PINHEIRO, A. (2010). Avaliação das variáveis hidrológicas do balanço Hídrico em área agrícola com cultivo de milho (*Zea mays*) através de uso de lisímetro. **Revista de Estudos Ambientais**, 12(1),73-81.

PINTO, L. F. D.; NITSCHKE, P. R.; SILVA, M. A. A.; ALVES, D. S.; CALDANA, N. F. S. RAMOS, A.M.; SANTOS, L.A.R.; FORTES, L.T.G. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990 Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, Brasília, DF, 465p. 2009.

RICCE, W.; CARVALHO, S.; CARAMORI, P.; ROBERTO, S. Zoneamento agroclimático da cultura da videira no Estado do Paraná. Londrina, SEMINA: Ciências Agrárias, v. 35, n. 4, p. 2327-2336, 2014.

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A., ANÁLISE HIDROLÓGICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS, Mercator, Fortaleza, v. 17, e17025, 2018.

ROLIM, G. S.; APARECIDO, L. E. O. Camargo, Köppen e Thornthwaite Sistemas de classificação climática na definição de regiões climáticas do estado de São Paulo, Brasil. *Jornal Internacional de Climatologia*. 36:636-643, 2015.

SANTOS, G. O., HERNANDEZ, F. B. T., & ROSSETTI, J. C. (2010). Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 4(3), 142-149.

SCHOORL, J. M., SONNEVELD, M. P. W., VELDKAMP, A. Three-dimensional landscape process modeling: The effect of DEM resolution. *Earth Surface Processes Landforms*, v.25, n.9, p.1025-1034, 2000.

SEMINA: CIÊNCIAS AGRÁRIAS, LONDRINA, v. 29, n. 2, p. 299-306, abr./jun. 2008.

SENTELHAS, P.C., MORAES, S.O., PIEDADE, S.M.S. et al. Análise comparativa preliminar de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 243-245.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná- Uruguai, 1996. 61p.

SILVA, K.R.; CECÍLIO, R.A.; XAVIER, A.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; GARCIA, G.O. Interpolação espacial da precipitação no Estado do Espírito Santo. *FLORAM-Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 417-427, 2011.

SILVA, L. É. P., & BRACHT, E. (2010). Uma nova abordagem para o cálculo de balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, 2(1), 2-16, 2010. doi: 10.5335/rbca.2013.722.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, London, v. 38, n. 1, p. 55-94, jan. 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; WILM, H. G. Report of the committee on evapotranspiration and transpiration, 1943- 1944. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, DC, v. 25, n. 5, p. 686-693, 1944.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey: **Drexel Institute of Technology**; 1955, 104p.

TORRE NETO, A. Estudo e implementação de um sistema de monitoramento remoto de variáveis edafo-ambientais. São Carlos, SP. 1995, 146 p. Tese de Doutorado, Instituto de Física e Química de São Carlos, USP. 1995.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Rio Grande do Sul: Ed. Universidade/UFRGS, 2002. p.14.

TUCCI, C.E.M & CLARKE, R.T. Environmental Issues in the la Plata Basin. **Water resources development**, 4 (2), 157-173, 1998.

TUCCI, CARLOS; CLARKE, ROBIN. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.135-152, 1997. Fap UNIFESP (SciELO).

VIANELLO, R. L. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV Univ., 1991. 449 p.

ZEPKA, G. S. Análise do balanço hídrico para a cidade de Pelotas, Universidade Federal de Ziadat, F. M. Analyzing digital terrain attributes to predict soil attributes for a relatively large area. *Soil Science Society of America Journal*, v.69, n.5, p.1590-1599, 2005.

