UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS DE SINOP

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

CURSO DE AGRONOMIA

BALANÇO HÍDRICO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI

RAFAEL DE JESUS DOS SANTOS

SINOP – MT

Julho – 2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS DE SINOP

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

CURSO DE AGRONOMIA

BALANÇO HÍDRICO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI

RAFAEL DE JESUS DOS SANTOS

FREDERICO TERRA DE ALMEIDA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Agronomia do ICAA/CUS/UFMT, como parte das exigências para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

SINOP – MT

Julho – 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S237b Santos, Rafael.
BALANÇO HÍDRICO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI [recurso eletrônico] / Rafael Santos. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 44 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Frederico Almeida.
TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2023.
Modo de acesso: World Wide Web: https://bdm.ufmt.br.
Inclui bibliografia.

1. Afluente do rio Teles Pires. 2. Disponibilidade hídrica. 3. Dados meteorológicos. 4. Vazão. I. Almeida, Frederico, *orientador.* II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

TÍTULO DO TRABALHO: **BALANÇO HÍDRICO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAIABI**

ACADÊMICO: **RAFAEL DE JESUS DOS SANTOS**

ORIENTADOR: **FREDERICO TERRA DE ALMEIDA**
CO-ORIENTADOR: -----

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Frederico Terra de Almeida
Orientador

M.Sc. Rhavel Salviano Dias Paulista
Membro

Prof. Dr. Handrey Borges Araújo
Membro

DATA DA DEFESA: **05/07/2023**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Vadecir Pereira dos Santos e Aldeni Maria de Jesus, que são o meu alicerce na vida, que foram e sempre serão minha inspiração, suas palavras, apoio e liderança me mostraram o exemplo de homem e profissional que quero me tornar.

Aos meus irmãos, Aline de Jesus dos Santos e Micael de Jesus dos Santos por todo apoio e motivação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Frederico Terra de Almeida por ter me dado a oportunidade, apoio e confiança em desenvolver este trabalho. E por ter contribuido ao longo do meu desenvolvimento e aprendizado como futuro profissional.

A Universidade Federal de Mato Grosso, por proporcionar todo o meu aprendizado acadêmico ao longo da graduação, pelo qual aproveito para agradecer a todos os espetaculares professores.

Aos meus amigos Herculis, Luiz Maurina, Vanessa Laurinda, Jaqueline Trindade, José Marcelo, Ana Witória, Allana Karolina, Matheus Maciel, Rayane Norberto e Alex Cortezia por toda ajuda prestada, a universidade não seria a mesma sem vocês.

A todos os companheiros de campo, Alexander, Alan, Adilson, Daniela, Emanuel, Herculis, Iago, Jhonatan, Marcelo, Marco e Matheus, que aos sábados literalmente, mergulhavam nas pesquisas, dias assim sempre serão lembrados.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO....7
ABSTRACT....8
LISTA DE FIGURAS....9
LISTA DE TABELAS....11
1 INTRODUÇÃO....12
2 OBJETIVOS....13
2.1 Objetivo geral....13
2.2 Objetivos específico....13
3 REFERENCIAL TEÓRICO....14
3.1 Importância da água....14
3.2 Ciclo hidrológico da água....15
3.3 Bacia hidrográfica....16
3.4 Balanço hídrico....17
3.5 Balanço hídrico climatológico....19
3.6 Precipitação....19
3.7 Evapotranspiração....20
3.8 Dados meteorológicos....21
4 MATERIAIS E MÉTODOS....22
4.1 Área de estudo....22
4.2 Disposição dos equipamentos nos pontos monitorados....23
4.3 Preenchimento de falhas dos dados pluviométricos....25
4.4 Cálculo da precipitação média....28
4.5 Cálculo da evapotranspiração....29
4.6 Vazão....30
4.7 Cálculo do armazenamento de água na bacia....31
4.8 Balanço hídrico climatológico....32
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES....33
5.1 Dados obtidos....33
5.2 Balanço hídrico climatologico....33
5.3 Balanço hídrico hidrológico....38
6 CONCLUSÃO....42
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....43

RESUMO

O conhecimento dos diversos componentes do ciclo hidrológico é um importante pré-requisito para o desenvolvimento sustentável de uma região. Neste trabalho é realizado o estudo do comportamento das variáveis hidrometeorologicas, como a precipitação, evapotranspiração e vazão, envolvidas no balanço hídrico da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, que localiza-se nos municípios de Sinop e Vera - MT, entre as coordenadas de latitude 12°25'0" S a 12°7'30" S, e longitude de 55°27'30" W a 55°17'0" W. Possuindo uma área de drenagem de 416,37 km², percorrendo uma extensão de aproximadamente 70 km (ANDRIETTI et al., 2016). A precipitação média na bacia foi calculada pelo método de Thiessen, utilizandose o software ArcGis 10 para determinar as áreas relativas do polígono de Thiessen, e a evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Camargo, utilizando dados diários coletados entre os anos de 2016 e 2020. Os dados meteorológicos foram obtidos das bases de dados de três estações meteorológicas automáticas (Davis Vantage Pro2), instaladas em diferentes pontos da microbacia. Por meio dos valores encontrados para as variáveis envolvidas no balanço hídrico, precipitação média 1894,34 mm e evapotranspiração 1493,99 mm, foi possível obter a vazão média da microbacia hidrográfica do rio Caiabi igual a 572,59 mm ou 7,60 m^3s^{-1}.

PALAVRAS-CHAVE: afluente do rio Teles Pires, disponibilidade hídrica, dados meteorológicos, vazão.

ABSTRACT

Knowledge of the various components of the hydrological cycle is an important prerequisite for the sustainable development of a region. This work studies the behavior of hydrometeorological variables, such as precipitation, evapotranspiration and flow, involved in the water balance of the hydrographic microbasin of the Caiabi river, which is located in the municipalities of Sinop and Vera - MT, between the coordinates of latitude 12 °25'0" S at 12°7'30" S, and longitude from 55°27'30" W to 55°17'0" W. It has a drainage area of 416.37 km², covering an area of approximately 70 km (ANDRIETTI et al., 2016). The average precipitation in the basin was calculated by the Thiessen method, using the ArcGis 10 software to determine the relative areas of the Thiessen polygon, and the potential evapotranspiration was calculated by the Camargo method, using daily data collected between the years 2016 and 2020. Meteorological data were obtained from the databases of three automatic meteorological stations (Davis Vantage Pro2), installed at different points in the microbasin. Through the values found for the variables involved in the water balance, average precipitation 1894.34 mm and evapotranspiration 1493.99 mm, it was possible to obtain the average flow of the hydrographic microbasin of the Caiabi river equal to 572.59 mm or 7.60 m3s- 1.

KEYWORDS: tributary of the Teles Pires river, water availability, meteorological data, flow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo Hidrológico (TUCCI, MENDES, 2006 adaptado de IGBP,1993) 15

Figura 2- Localização da bacia hidrográfica (Casavecchia, 2017). 22

Figura 3- Características da sub-bacia hidrográfica do Rio Caiabi para o ano de 2015 (Casavecchia, 2017).. 23

Figura 4- Localização das estações meteorológicas dentro da microbacia do rio Caiabi.. ... 24

Figura 5- Estações Meteorológicas em funcionamento nas propriedades São José (a) Bedin (b) e Fetter (c). 24

Figura 6- Vista geral da seção de controle, medição de vazão, do rio Caiabi.. 25

Figura 7- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação FETTER x BEDIN.. 25

Figura 8- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação FETTER x SÃO JOSÉ.. 25

Figura 9- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação FETTER x INMET. 36

Figura 10- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação FETTER x UFMT.. 36

Figura 11- - Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação SÃO JOSÉ x BEDIN..... 36

Figura 12- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação SÃO JOSÉ x FETTER.
. 36

Figura 13- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação SÃO JOSÉ x INMET. 39

Figura 14- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação SÃO JOSÉ x UFMT. 39

Figura 15- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação BEDIN x FETTER. 40

Figura 16- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação BEDIN x SÃO JOSÉ. 27

Figura 17- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação BEDIN x INMET.. 27

Figura 18- Figura 18- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação BEDIN x UFMT.
. 27

Figura 19- Polígonos de Thiessen com área de influência dos pluviômetros localizados na microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.. 29

Figura 20- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2016..... 35

Figura 21- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2017..... 35

Figura 22- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2018..... 36

Figura 23- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2019..... 36

Figura 24- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2020..... 36

Figura 25- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2016 - 2020. 36

Figura 26- Variação sazonal da precipitação (2016–2020). 39

Figura 27- Variação sazonal da evapotranspiração (2016–2020) 39

Figura 28- Variação sazonal da vazão (2016–2020).. 40

Figura 29- Variação sazonal do armazenamento de água (2016–2020).. 40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores do fator de ajuste (F) em função da temperatura média anual do local. .. 30

Tabela 2- Evapotranspiração potencial da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, pelo método de Camargo, entre os anos de 2016 e 2020. 33

Tabela 3- Balanço hídrico climatológico para a microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, pelo método de Thornthwaite&Mather (1955), entre os anos de 2016 e 2020. 34

Tabela 4- Valores totais da evapotranspiração (ETP), precipitação (P), déficits (DEF) e excedentes (EXC) do BHC mensal, dos anos e da média do período de 2016-2020, para a microbacia. 37

Tabela 5- Precipitação média da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, pelo método de Thiessen entre os anos de 2016 e 2020. 38

1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente de alimentos pela população mundial suscita o homem em produzir desenfreada e indiscriminadamente. Todavia, a pressa nem sempre possibilita um planejamento dos sistemas de produção de forma a torná-los sustentáveis. A produção requer cada vez mais recursos naturais nos quais a mesma depende diretamente e para que a produção não seja comprometida se faz necessário que tais recursos estejam disponíveis em quantidade e qualidade suficientes.

Neste sentido, é de extrema relevância social e ambiental a gestão eficaz dos recursos hídricos, pois, por outro lado sua negligência pode acarretar o comprometimento a sustentabilidade do uso dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica. E, para a concretização de medidas eficazes de gestão dos recursos hídricos necessita-se do monitoramento dos componentes do ciclo hidrológico: precipitação, evapotranspiração e vazão.

As informações quantitativas dos componentes do balanço hídrico são de grande importância na agricultura, principalmente, nas tomadas de decisões concisas em vários processos de planejamento, como para previsão de inundações de curto prazo, secas de longo prazo e o manejo sustentável da água (JILLO et al., 2017; SCHMIDT et al., 2018). A compreensão das informações dos elementos climáticos permite que o planejamento pelos agricultores seja executado com maiores níveis de precisão (FILGUEIRA et al., 2018), no entanto, as observações superficiais são dispersas e não há homogeneidade espacial dos solos e vegetação na superfície terrestre (ORTH e SENEVIRATNE, 2014; ORTH et al., 2017).

O estado do Mato Grosso (MT), assim como todo o território brasileiro, não tem uma rede de estações meteorológicas que atenda todas as necessidades agrícolas, apresentando somente 37 estações meteorológicas (INMET, 2021). Além disso, no Mato Grosso ocorre uma razoável quantidade de bacias hidrográficas, e mais ainda de sub-bacias, se considerar os diversos córregos, e por isso dificilmente apresentam dados de vazões de todos seus afluentes. A problemática é que poucos rios dispõem de séries de vazões observadas, o que talvez contribua para o cenário atual, onde muitos empreendimentos são realizados em locais onde nunca se mediram vazões, ou os dados de vazões observados apresentam erros(GABRIELLY et al., 2022). A falta de dados hidrológicos ou o erro dos mesmos coloca em risco o meio ambiente já que não se têm parâmetros que estabeleçam relações de ligações entre as alterações no uso do solo e cobertura vegetais, quantidade e qualidade de águas captadas e resíduos despejados na bacia hidrográfica e o respectivo comportamento hidrológico.

O estado de Mato Grosso situa-se em uma das principais regiões de produção agrícola nacional, com uma área de 903.357 km^2. O estado é produtor de soja, milho, algodão, feijão, cana-de-açúcar entre outros, além disso, é o maior produtor de grãos do Brasil, segundo o IBGE (2021). Pantano et al. (2017) descreveram que o impacto dos períodos de seca depende da cultura e da época do ano. E os períodos de frutificação e da floração são os mais sensíveis para as colheitas e escassez de água, pois o armazenamento de água no solo contribui para o desenho de estratégias de adaptação para amenizar a vulnerabilidade da produção agrícola (APARECIDO et al., 2020).

Estudos cuja finalidade é avaliar e analisar a resposta da natureza em função das atividades antrópicas, tais como agricultura e pecuária, ainda não são suficientes para descrever o quanto as atividades realizadas nas proximidades da bacia do rio Teles Pires afetam a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais tais como água e solo. Desta forma conhecer as condições climáticas das microbacias é de suma importância para a realização das atividades agrícolas em grandes regiões, já que, elas podem servir de amostra ou comparações para as mesmas, sendo assim possível realizar um melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos e com isso garantir que as atividades como irrigação, dessedentação de animais entre outros, não sejam afetadas de forma negativa.

Uso de novas tecnologias tem sido destaque em vários estudos de caracterização detalhada da bacia, Bandim e Galvincio (2021).

O presente trabalho faz um estudo do balanço hídrico da microbacia do rio Caiabi, localizada nos municípios de Sinop e Vera - MT, o que é essencial para o entendimento do quadro de disponibilidade hídrica e assim auxiliar o melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos para o desenvolvimento das atividades agrícolas na região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem o objetivo de determinar o balanço hídrico, na microbacia hidrográfica do rio Caiabi.

2.2 Objetivos específico

- Obter informações do clima e disponibilidade de água, em pontos representativos, com uso de estações meteorológicas e hidrológicas automáticas instaladas na microbacia;

- Elaboração do balanço hídrico climatológico para a microbacia visando uma análise sobre o fluxo de excedente e déficit hídrico para a região;
- Elaborar o balanço hídrico hídrologico da bacia, a partir de dados obtidos em estação meteorológica e linígrafo, por meio da aplicação da equação de continuidade de massa.
- Analisar o significado dos resultados do balanço hidrico para a região.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância da água

Um dos recursos naturais mais importantes da Terra é a água. Ela tem uma função crítica em quase todas as esferas da vida, pois desempenha um papel essencial na constituição de todos os seres vivos. De maneira generalizada, pode ser considerada como o elemento construtivo na fotossíntese das plantas, solvente para os nutrientes do solo, condutor de energia, meio de transporte (águas residuárias, canais de drenagem, navegação) e o mais importante regulador de energia no balanço energético (GABRIELLY et al., 2022).

A água sempre foi considerada uma grande riqueza, porém atualmente, devido aos problemas causados pela falta e/ou qualidade de água, está transformando-se em uma riqueza de valor inestimável. Tal consideração leva a uma tendência mundial de preocupação e intensificação de estudos sobre a água. Este recurso natural tão importante requer cuidados especiais e estudos extremamente precisos, isso para possibilitar que a água esteja disponível tanto em quantidade quanto em qualidade para gerações atuais e futuras (SOUZA et al., 2022).

As características essenciais de qualquer volume de água superficial disponível em rios, lagos, tanques, represas artificiais e águas subterrâneas são a sua instabilidade e mobilidade. Todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos (as três fases em que a água existe no planeta terra) são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perpétuo. A fase mais importante deste ciclo para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização.

A água disponível para uso na superfície da terra, da qual a humanidade, a economia e a indústria dependem, constitui apenas uma fração da água total da terra e é renovada pelo ciclo hidrológico. À medida que a economia foi se tornando mais complexa e diversificada, mais usos foram sendo adicionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de tal forma que ao ciclo hidrológico, superpõe-se um ciclo “hidrosocial” de grande dimensão e impacto ecológico e econômico. Com o aumento e diversificação da atividade econômica, a

dependência dos recursos hídricos aumenta, especialmente em regiões com variabilidade anual grande no ciclo e áridas.

As pressões sobre os usos dos recursos hídricos provêm de grandes problemas como o crescimento das populações humanas, grau de urbanização das cidades, aumento das necessidades de irrigação e produção de alimentos. A redução no volume disponível e a apropriação dos recursos hídricos em escala maior e mais rápida têm produzido grandes alterações nos ciclos hidrológicos regionais: por exemplo, a construção de barragens aumenta a taxa de evaporação, a construção de canais para amortecimento de água, produz desequilíbrios no balanço hídrico, a retirada de água em excesso para irrigação, diminui o volume dos rios e lagos (FAGUNDES 2021). A demanda crescente de água, em conjunto com a limitação dos recursos hídricos, conflitos entre alguns usos e os prejuízos causados pelo excesso e pela escassez, exigem cada vez mais, planejamento racional e otimizado para aumento da eficiência do uso da água (SOUZA et al., 2013).

3.2 Ciclo hidrológico da água

O ciclo hidrológico é o responsável pelos processos hidrológicos que se alternam continuamente, fazendo com que a água se recicle através dos processos de evaporação, condensação, precipitação, escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração, caminho por onde volta para a atmosfera, e assim, o ciclo acontece sucessivamente (GUANDIQUE e MORAIS, 2015). O ciclo hidrológico é um sistema fechado, sem começo e fim, podendo o mesmo ser representado como na Figura 1.

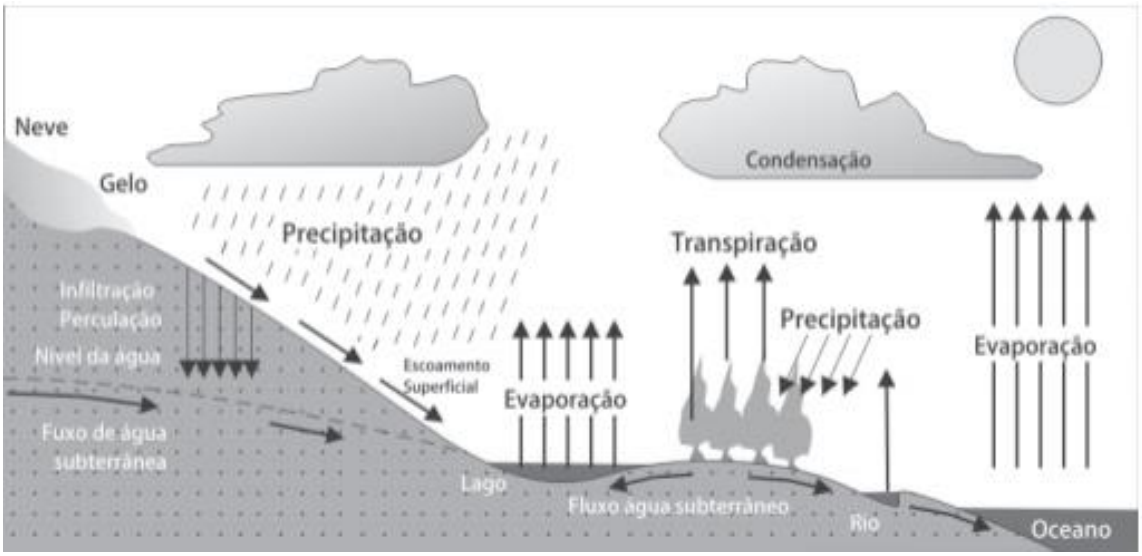

Figura 1- Ciclo Hidrológico (TUCCI, MENDES, 2006 adaptado de IGBP,1993)

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada e se constitui de uma sucessão de processos na natureza pelos quais a água inicia o seu percurso indo de um estágio inicial até retornar à posição primitiva ao longo desse ciclo; neste ciclo, a água está sempre em transição entre os diferentes estados físicos (sólido, líquido e gasoso) e lugares (MIRANDA et al., 2010).

O ciclo hidrológico é a circulação da água e a superfície e a atmosfera terrestre em uma escala global, impulsionada pelos seguintes fatores: Energia solar, rotação da terra e gravidade. Um ciclo fechado, em outras palavras, existe sempre a mesma quantidade de água no planeta, diferente da disponibilidade da água, onde devido aos acontecimentos de vários fenômenos como EL Niño e La Ninã, provocam variações na circulação atmosférica, criando desequilíbrio no balanceamento da água em várias regiões (NOGUEIRA, 2014).

O aquecimento da Terra pelos raios solares possibilita que a água, em estado líquido ou sólido, se transforme em vapor atmosférico, esse fenômeno é denominado como evapotranspiração, sendo constituído de dois processos: a evaporação (fenômenos físicos) e a transpiração (processo fisiológico) (MIRANDA et al., 2010).

O vapor d'água sobe até se agrupar na atmosfera formando nuvens, que começam a saturar, com isso a água retorna a superfície através da precipitação, que pode ser na forma de chuva, neve ou granizo (SERRETI et al., 2015).

Quando a água chega à superfície uma porção se infiltra, abastecendo os lençóis freáticos e aquíferos, por meio da percolação e do escoamento subsuperficial, e outra parte escoa sobre a superfície através da rede de drenagem, alcançando os cursos d'água (FRITZEN e BINDA, 2011). O conhecimento e a determinação dos componentes do ciclo hidrológico são de fundamental importância para o balanço hídrico.

3.3 Bacia hidrográfica

Bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água, onde parte desta é perdida por evaporação e transpiração, sendo que, essa mesma área é composta de superfícies vertentes que fazem com que o restante dessa água, chamada de deflúvio (vazão), seja transportada à seção de saída da bacia (GUANDIQUE e MORAIS, 2015).

Geralmente as bacias hidrográficas pertencem a outras bacias maiores, sendo que o termo microbacias é o mais adequado para denominá-las, como é o caso da microbacia hidrográfica do rio Caiabi (afluente da margem direita do rio Teles Pires).

Os limites da área da bacia hidrográfica são definidos topograficamente como os pontos que limitam as vertentes e convergem para uma mesma bacia ou exutório (ANA, 2020).

Neste contexto, de acordo com Guandique e Morais (2015) reconhece-se, a bacia hidrográfica como a melhor unidade para o planejamento ambiental.

O conhecimento do comportamento natural da água na superfície de uma bacia, quanto as suas ocorrências, transformações e circulações, são importantes para qualquer política de planejamento econômico. Toda essa dinâmica do ciclo hidrológico dentro da bacia sofre grande influência da cobertura vegetal e do tipo de solo, fatores que influenciam amplamente na velocidade de infiltração e de escoamento dos volumes de água determinando a capacidade de uso das terras (REIS, 2016).

3.4 Balanço hídrico

Conforme o guia metodológico para análise do balanço hídrico da América do Sul, elaborado pela UNESCO em 1982, a técnica do balanço hídrico configura importante ferramenta para a solução de problemas hidrológicos, teóricos e práticos. A partir do seu estudo, é possível a análise quantitativa da disponibilidade hídrica, no tempo e no espaço e, consequentemente, suas modificações sofridas mediante as atividades antrópicas. Assim, o conhecimento do balanço hídrico de lagos, bacias superficiais e subterrâneas, é fundamental para o alcance de um gerenciamento racional dos recursos hídricos, possibilitando um melhor controle e redistribuição dos mesmos.

Se uma precipitação pluvial incidir em uma superfície plana inclinada e completamente impermeável (a água não pode passar através da superfície), confinada por quatro lados, com uma única saída e com a ausência de depressões de armazenamento da água, surgirá uma vazão de saída, denominada escoamento superficial direto na seção de controle. Pode-se representar o balanço hídrico para este sistema pela seguinte equação:

$$I - Q = dS/dt \qquad \textbf{(Equação 1)}$$

Em que:

I = vazão de entrada

Q = vazão de saída

dS/dt = variação no armazenamento do sistema por unidade de tempo

A simplicidade do balanço hídrico é, no entanto, enganosa, pois como será visto adiante, os termos da equação não podem ser quantificados tão facilmente ou adequadamente. Além de que, teoricamente um balanço hídrico é possível para qualquer tipo de região, embora a possibilidade de dados e o grau de refinamento dos métodos analíticos determinam a aplicabilidade do balanço hídrico em uma dada região.

Através da aplicação do princípio da conservação das massas em uma bacia hidrográfica ou em um sistema hídrico particular, torna-se possível traduzir quantitativamente o conceito de ciclo hidrológico sob a forma de uma relação matemática denominada equação hidrológica ou equação do balanço hídrico (JÚNIOR, 2016).

Esta estabelece que, para qualquer volume arbitrário e durante qualquer período de tempo, a diferença entre as entradas e saídas de um sistema estará vinculada à variação do volume de água armazenado. Em termos médios, o balanço hídrico de massa anual de uma bacia hidrográfica pode ser simplificado da seguinte maneira:

$$P - Q - ET \pm \Delta S = 0 \qquad \textbf{(Equação 2)}$$

Para um ano hídrico podemos considerar a variação do armazenamento $\Delta S = 0$, portanto a equação (2) fica:

$$Q = P - ET$$

Em que:
P = precipitação média anual (mm)
Q = deflúvio médio anual (mm)
ET= evapotranspiração anual (mm)

O uso do método do balanço hídrico depende de cada uma das variáveis citadas. A dificuldade em se resolver problemas práticos está principalmente na inabilidade em se medir ou estimar adequadamente os vários termos da equação do balanço hídrico. As principais dificuldades de se empregar este método são na avaliação da vazão afluente e na precipitação direta sobre a bacia hidrográfica.

O estado do Mato Grosso (MT), assim como todo o território brasileiro, não tem uma rede de estações meteorológicas que atenda todas as necessidades agrícolas, apresentando somente 37 estações meteorológicas (INMET, 2021).

O fenômeno da precipitação é o elemento alimentador da fase terrestre do ciclo hidrológico e constitui, portanto, fator importante para os processos de escoamento superficial direto, infiltração, evaporação, transpiração, recarga de aquíferos, vazão dos rios entre outros.

Como já foi dito, se faz necessário um conhecimento de dados hidrológicos de uma bacia hidrográfica para que um gerenciamento do recurso hídrico possa ser efetivado de maneira correta. Dentre os dados consideráveis de grande importância está o estabelecimento de vazões.

Uma das formas de se estabelecer uma vazão de projeto em um rio, por exemplo, é fazer estudos probabilísticos de dados de vazões levantados previamente. Esses estudos requerem a realização de uma série de observações de vazões por um período de tempo muito longo. A problemática é que poucos rios dispõem de séries de vazões observadas, o que talvez contribua para o cenário atual, onde muitos empreendimentos são realizados em locais onde nunca se mediram vazões, ou os dados de vazões observados apresentam erros.

Em casos onde os dados de vazões referentes a uma bacia são insuficientes, se faz necessário a realização do processo de regionalização, que vem a ser a comparação e correlação de vazões de bacias próximas ao local de estudo, que apresentem semelhanças significativas com a bacia estudada. As bacias devem ter semelhança geométrica quanto á área, declividade e relevo, forma, semelhança hidrológica quanto á precipitação, natureza do solo, armazenamento dos leitos fluviais e semelhança geológica em relação aos fatores que influenciam o escoamento subterrâneo (PORTO et al., 2008).

3.5 Balanço hídrico climatológico

O balanço hídrico climatológico (BHC) desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) é um método muito utilizado para o monitoramento do armazenamento de água no solo, este possibilita 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).

Conforme Medeiros et al. (2013) a técnica do balanço hídrico climatológico (BHC) computa o saldo de água disponível no solo para o vegetal, contabiliza a entrada (precipitação) e a saída (evapotranspiração), considerando uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo (CAD).

Thornthwaite e Mather (1955) foram os pioneiros na metodologia do BHC que determina o fluxo hídrico de uma localidade de modo rápido e simples, sem carecer de medidas diretas das condições do solo. Para este, há a necessidade de definir a precipitação total (P), o armazenamento máximo no solo (capacidade de água disponível – CAD) e a evapotranspiração de potencial (ETP). Com esses parâmetros pode-se calcular o BHC, estimando o total de água retida no solo (ARM), a evapotranspiração real (ETR), déficit (DEF) e o excedente (EXC) hídrico do local selecionado (SANTOS et al., 2018).

Assim, o balanço hídrico facilita o acesso a informações que favorecem ao agricultor conhecer sobre o momento mais propício para executar as etapas de manejo da cultura, assim como a que mais se adéqua a região, incluindo também a definição na aquisição dos sistemas de irrigação e no dimensionamento da lâmina usada no sistema (PERREIRA et al., 2019).

Portanto um dos objetivos em se calcular o balanço hídrico de bacias é de encontrar o montante de água disponível no solo, pois somente assim é possível realizar um bom gerenciamento dos recursos hídricos e garantir que atividades agricolas e a manutençao do proprio ecossistema não sejam afetadas de forma negativa.

3.6 Precipitação

Precipitação é compreendida em hidrologia como qualquer forma de umidade presente na atmosfera que, em função das condições termodinâmicas desta, precipita e atinge a superfície terrestre. Neblina, granizo ou saraiva, orvalho, geada, neve e chuva são algumas das formas diferentes de precipitação, sendo a chuva o principal tipo de precipitação e o mais importante para hidrologia.

A precipitação é o principal componente de entrada do ciclo hidrológico, já que, a entrada de água na bacia hidrográfica é a que mais influencia nas respostas hidrológicas da bacia hidrográfica.

Devido à sua aleatoriedade no tempo e em magnitude, a precipitação é o elemento mais sensível para garantir a qualidade e confiabilidade de um balanço hídrico nas aplicações práticas (JÚNIOR, 2016). Sua medida deve ser representativa e correta, de modo que registre efetivamente a distribuição da quantidade de chuva em uma determinada área com o mínimo de erro (TROVATI, 2007). Existem vários métodos para o cálculo da precipitação média, mas os principais são: o método da média aritmética, o método de Thiessen, método das Isoietas e inverso do quadrado da distância (BERTONI E TUCCI, 2002).

Estudos com séries temporais de precipitação para espacializar chuvas são cada vez mais importantes considerando suas aplicações em estudos hidrológicos, fundamentais para o desenvolvimento social e econômico (ICHIYANAGI et al., 2018; BALLARI et al., 2018). Séries de precipitação têm aplicações diretas em climatologia, agricultura, hidrologia e gestão de desastres, bem como no planejamento e gestão de recursos ambientais e urbanos (MEKIS et al., 2018).

3.7 Evapotranspiração

A evapotranspiração (ET) pode ser definida como a perda de água para atmosfera a partir do solo, lagoas, lagos e superfícies vegetativas devido à vaporização da água líquida (IRMAK et al., 2011), sendo definida pela soma da evaporação e transpiração, em que a combinação desses dois processos ocorre de forma separada (PACHECO, et al.,2014). Os fatores que afetam as taxas de evapotranspiração dos cultivos podem ser enquadrados em três categorias: fatores climáticos, da planta e do solo (PEREIRA, et al., 2013).

É a segunda variável mais importante no ciclo hidrológico depois da precipitação. A ET devolve a atmosfera 60% de toda água precipitada sobre o solo e sua variação pode

influenciar a precipitação e a disponibilidade hídrica em rios e lagos (ZENG et al., 2014; ZHANG et al., 2016; JIN ET AL., 2017). Variações da ET influencia também o fluxo de calor latente, que impacta no calor sensível e temperatura da superfície e por consequência provoca mudanças significativas no clima regional e global (VOURTILIS ET AL., 2002; JUNG et al., 2010; TABARI et al., 2011; JIN et al., 2017; LIU et al., 2015; SANTOS et al., 2020). Assim sendo, compreender os padrões, magnitudedes e as mundanças da ET a longo periodo pode ser crucial para saber como lidar com futuros problemas hidrologicos e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Conforme Gabriel (2019) a ET pode ser determinada a partir de técnicas diretas ou indiretas, sendo que as diretas são por meio de lisimetros de diferentes tipos (pesagem, lençol freático constante, prensagem hidráulica, drenagem, etc). Porem, esta tecnica não é muito utilizada devido ao alto custo para sua implantação, sendo assim, essa tecnica é mais restringida para pesquisa e/ou universidades e para validar a calibração regional dos métodos indiretos. Estes por sua vez, se dão através de modelos de estimativa que geralmente propiciam resultados satisfatórios quando calibrados regionalmente (ALVEZ SOBRINHO et al., 2011; SANTOS et al., 2008).

3.8 Dados meteorológicos

Para se construir dados sobre o clima e/ou recursos hídricos, a priori é necessário que exista dados sobre umidade, temperatura, velocidade do vento, precipitação, etc. Órgãos como a ANA, INMET, SEMA e EMBRAPA possuem estações instaladas e tornam seus dados públicos. Nas sedes da EMBRAPA geralmente são instaladas estações que tem seus dados a disposição para download no site da instituição. O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) disponibiliza dados de sua rede de estações, tendo como função auxiliar a tomada de decisões no setor agrícola, e administra grande parte das estações instaladas no território nacional (REIS, 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O presente trabalho conduzido na microbacia hidrográfica do rio Caiabi (Figura 2), (afluente da margem direita do rio Teles Pires) situada nos municípios de Vera e Sinop - MT, transição entre os Biomas Cerrado - Amazônia, onde foram instaladas em diferentes pontos da microbacia três estações meteorológicas automáticas (Davis Vantage Pro2®) e um limnígrafo OTT Thalimeds que está situado na estação fluviométrica quase no fim do curso do rio Caiabi (sangradouro da sub-bacia) que desemboca no rio Teles Pires.

As coordenadas geográficas da área de estudo estão compreendidas entre as latitudes de 12°25’0” S a 12°7’30” S e longitude de 55°27’30” W a 55°17’0” W. Na (Figura 3) é possivel observar a microbacia e seu uso e ocupação, além de tipo de solo e altitude, na qual observa-se, que corresponde basicamente em agricultura, florestas (remanescentes) e pastagens, em uma área de aproximadamente 416,37 km².

A classificação climática da região é do tipo Aw (Clima tropical de savana), com duas estações climáticas bem definidas: chuvosa de outubro a abril, e a seca, de maio a setembro, com precipitações anuais médias de 1947,7 ± 350,0 mm, concentradas em torno de 85% entre outubro e março (SOUZA et al., 2013).

Os dados foram monitorados entre 2016 e 2020, armazenados no sistema de aquisição de dados em intervalos de 10 minutos e coletados em intervalos quinzenais.

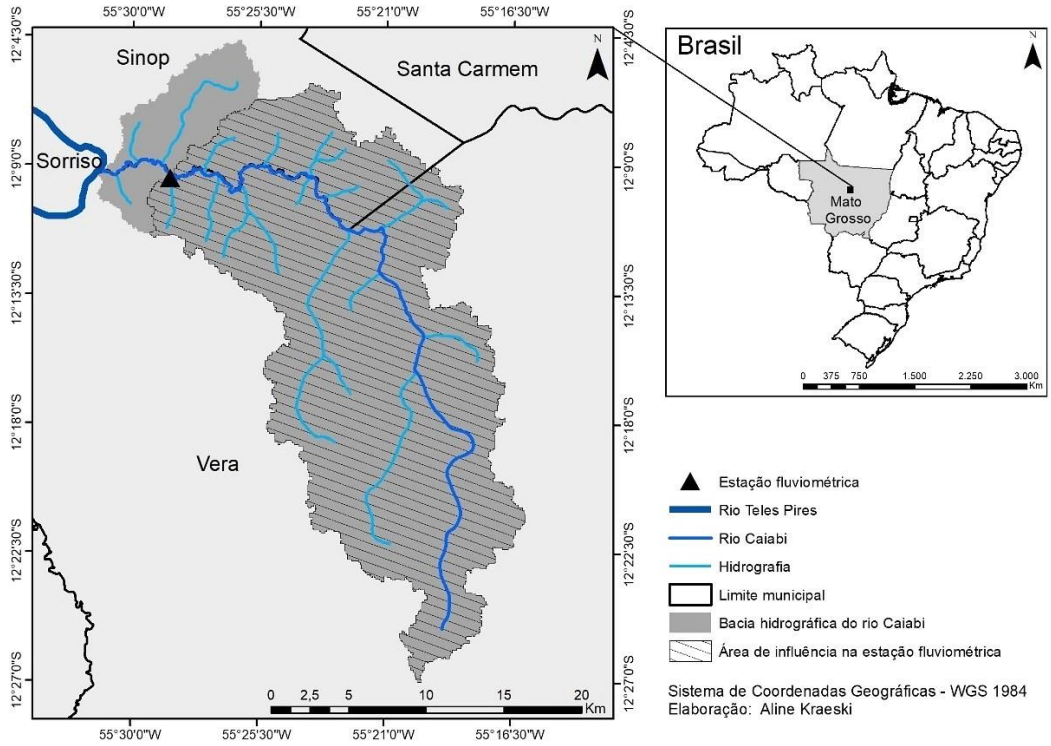

Figura 2- Localização da bacia hidrográfica (Casavecchia, 2017).

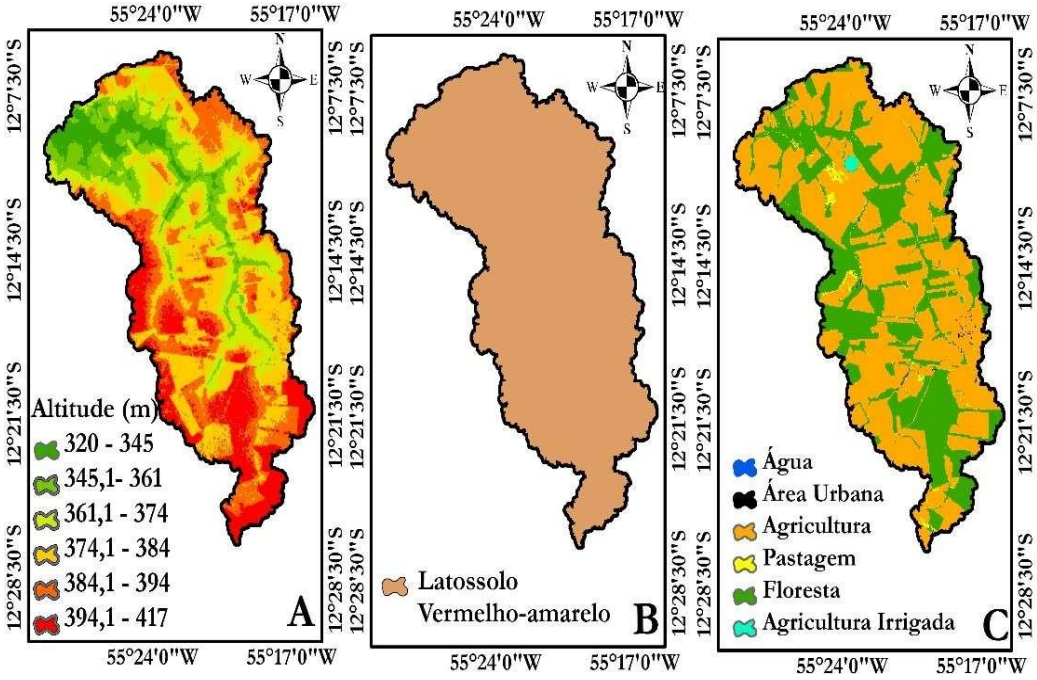

Figura 3- Características da sub-bacia hidrográfica do Rio Caiabi para o ano de 2015 (Casavecchia, 2017).

Outro equipamento utilizado para determinação da vazão da microbacia hidrográfica é o limnígrafo OTT Thalimeds, que registra as alturas do nível d'água em seu datalloger e que também é coletado em intervalos quinzenais, e por meio da curva chave estabelecida por Simioni (2020) determinou-se as vazões, em que esses dados poderão auxiliar a comprovação do balanço hídrico, validando precipitações medidas nos diferentes pontos.

Após a análise dos dados hidrológicos, àqueles inexistentes ou considerados inconsistentes foram atribuídas falhas para posterior preenchimento.

4.2 Disposição dos equipamentos nos pontos monitorados

Para a aquisição de dados climáticos da sub-bacia foram instaladas três estações meteorológicas automáticas (marca: Vantage Pro2Plus) que estão dispostas no início da delimitação da bacia, no meio e quase no final do curso d'água, próximo do sangradouro da microbacia (Figura 4). Esses equipamentos registrão dados de precipitação, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento. foram instaladas na área da bacia, de forma que se possa registrar a variabilidade da precipitação em vários pontos da mesma. As estações gravam os dados em períodos pré-determinados e acumulam em sua memória (datalloger). A Figura 5 mostra as estações meteorológicas em pleno funcionamento.

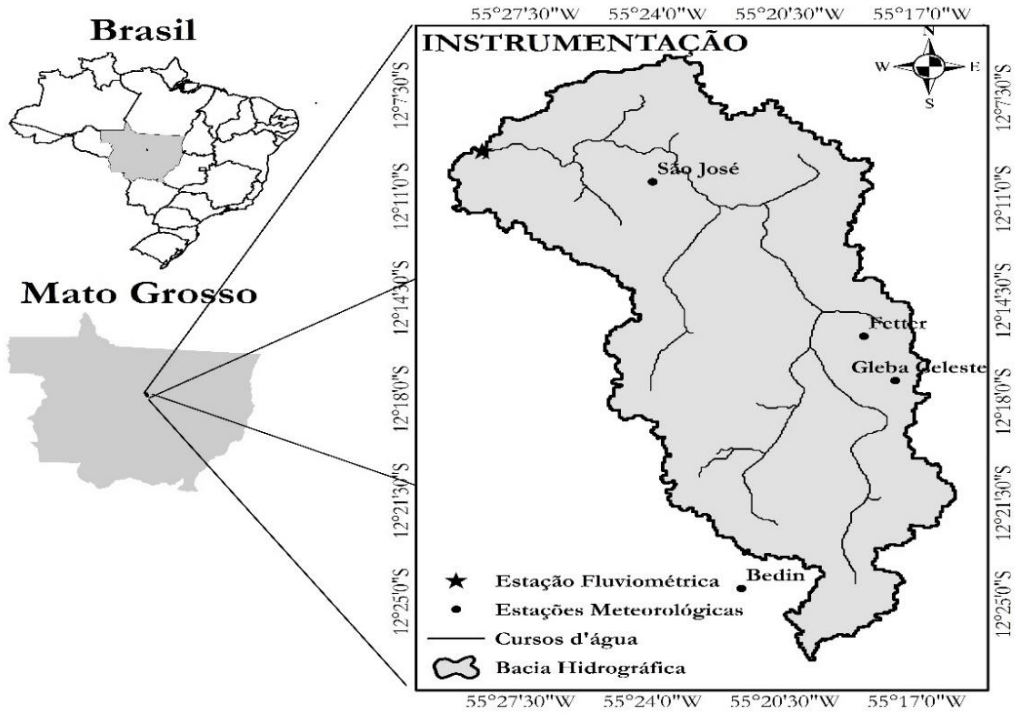

Figura 4: Localização das estações meteorológicas dentro da microbacia do rio Caiabi.

Figura 5- Estações Meteorológicas em funcionamento nas propriedades São José (a) Bedin (b) e Fetter (c).

Na estação fluviométrica quase no fim do curso do rio Caiabi (sangradouro da sub-bacia) que desemboca no rio Teles Pires, como mostra a Figura 4,está instalado um limnígrafo

OTT Thalimeds, que registra as alturas do nível d'água em seu datalloger. A Figura 6 mostra a seção do rio onde o linígrafo esta instalado.

Figura 6- Vista geral da seção de controle, medição de vazão, do rio Caiabi.

4.3 Preenchimento de falhas dos dados pluviométricos

O método empregado para o preenchimento de falhas foi regressão linear. Para o ajuste da regressão linear simples, de acordo com Oliveira et al (2010) é necessário correlacionar o posto com falhas (Y) com outro vizinho (X).

Para a demonstração de dados, através dessa técnica, é necessário a entrada de dados de apenas uma estação meteorológica vizinha, caso as estações vizinhas também apresentassem falhas no mesmo período, foi utilizado os dados da estação metrológica localizado na UFMT, campus de Sinop, ou do INMET, levando-se em consideração o maior coeficiente de correlação quadrático R^2 (figuras 7,8,9...18).

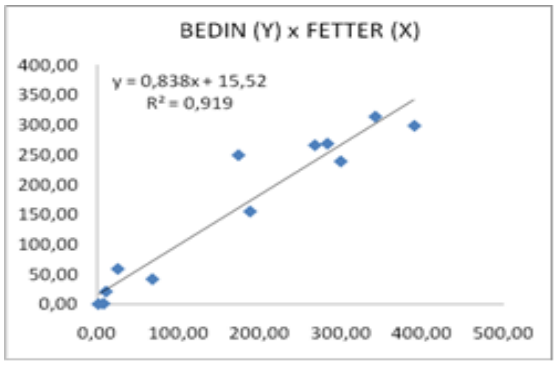

Figura 7- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação FETTER x BEDIN.

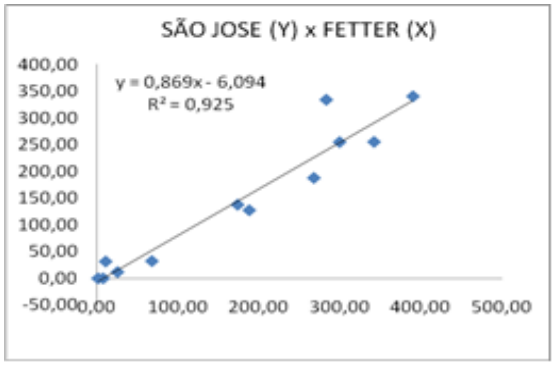

Figura 8- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação FETTER x SÃO JOSÉ.

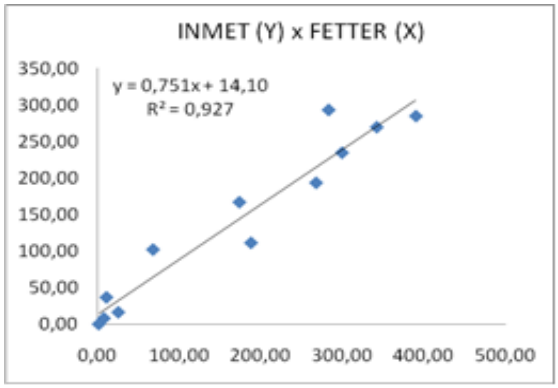

Figura 9- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação FETTER x INMET.

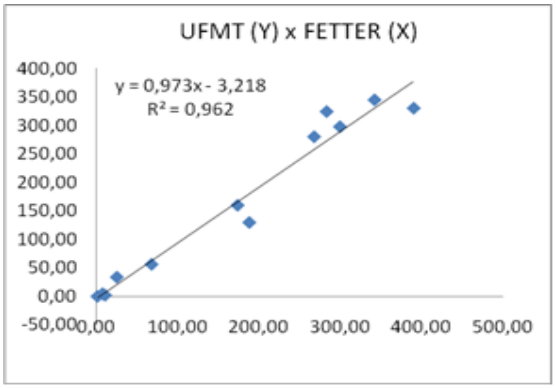

Figura 10- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação FETTER x UFMT.

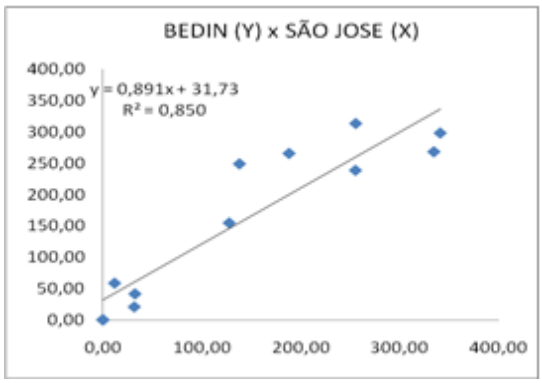

Figura 11- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação SÃO JOSÉ x BEDIN.

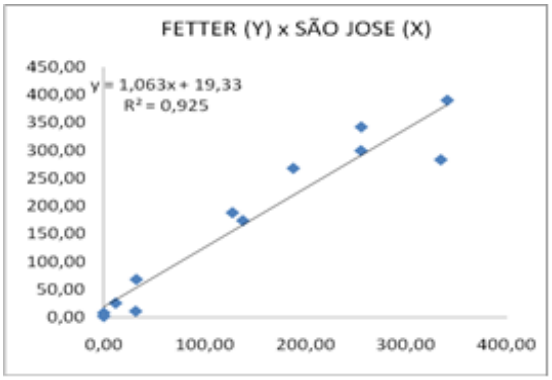

Figura 12- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação SÃO JOSÉ x FETTER.

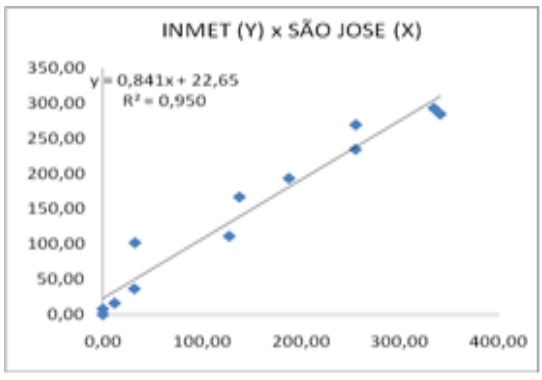

Figura 13- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação SÃO JOSÉ x INMET.

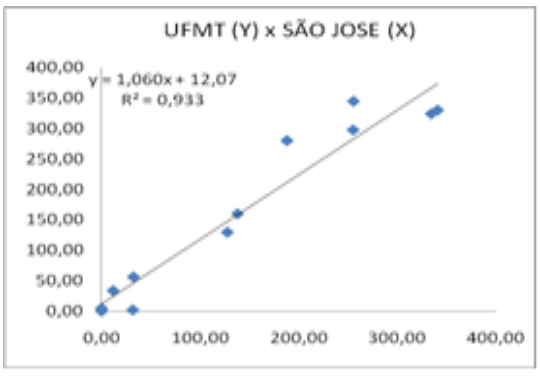

Figura 14- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação SÃO JOSÉ x UFMT.

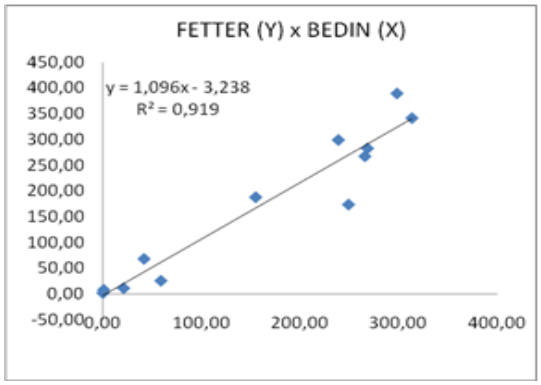

Figura 15- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação BEDIN x FETTER.

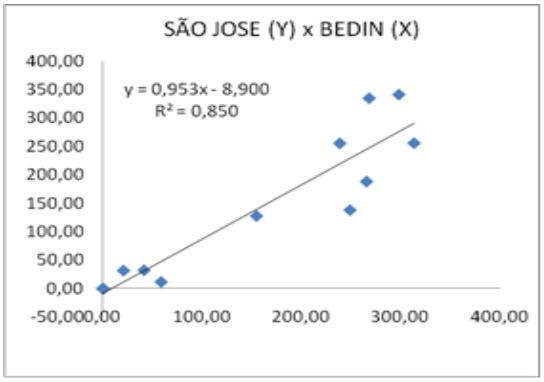

Figura 16- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação BEDIN x SÃO JOSÉ.

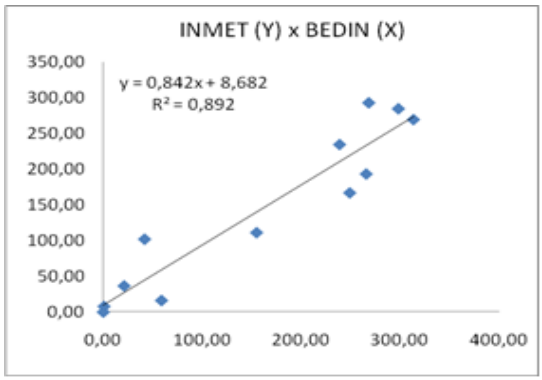

Figura 17- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação BEDIN x INMET.

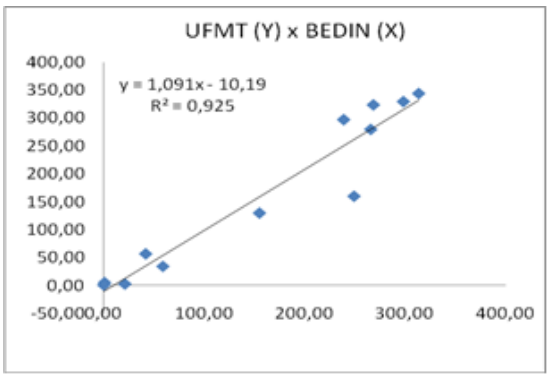

Figura 18- Equação utilizado para o preenchimento de falhas na estação BEDIN x UFMT.

A partir de então é gerado, um gráfico de dispersão em que é possível obter os resultados gerados pelo teste de regressão linear. Por meio da elaboração do diagrama de dispersão, os valores das duas estações em análise (estação com o dado falho e a estação que servirá de apoio à simulação do dado faltante) onde são comparados e correlacionados estatisticamente. Posteriormente adiciona-se neste mesmo gráfico uma linha de tendência, a equação utilizada e o valor de R^2 que serão as informações básicas sobre o teste de correlação entre os dois conjuntos de dados. Deste conjunto de informações as equações são definida e então, as falhas podem ser preenchidas por:

$$Y = a + bx \qquad \textbf{(Equação 3)}$$

4.4 Cálculo da precipitação média

A precipitação média sobre a seção hidrográfica foi determinada através do método de polígonos de Thiessen, conforme Pinto et al. (1976), permitindo realizar a ponderação dos dados pluviométricos, levando a área de influência de cada estação como fator de ajuste (Tabela 1), de acordo com a seguinte equação:

$$P_m = \frac{\sum A_i P_i}{A}$$

(Equação 4)

Onde:

Pm = precipitação média na bacia (mm);

Pi = precipitação no posto i (mm);

Ai = área de influência do posto;

A = área total da bacia.

Com o uso do software ArcGis 10, foi possível gerar um mapa de polígonos de Thiessen (Figura 19), por meio da ferramenta ArcToolBox (Analysis Tools – Proximity), sendo necessário como dados de entrada, as coordenadas geográficas das estações e o limite da bacia hidrográfica em estudo.

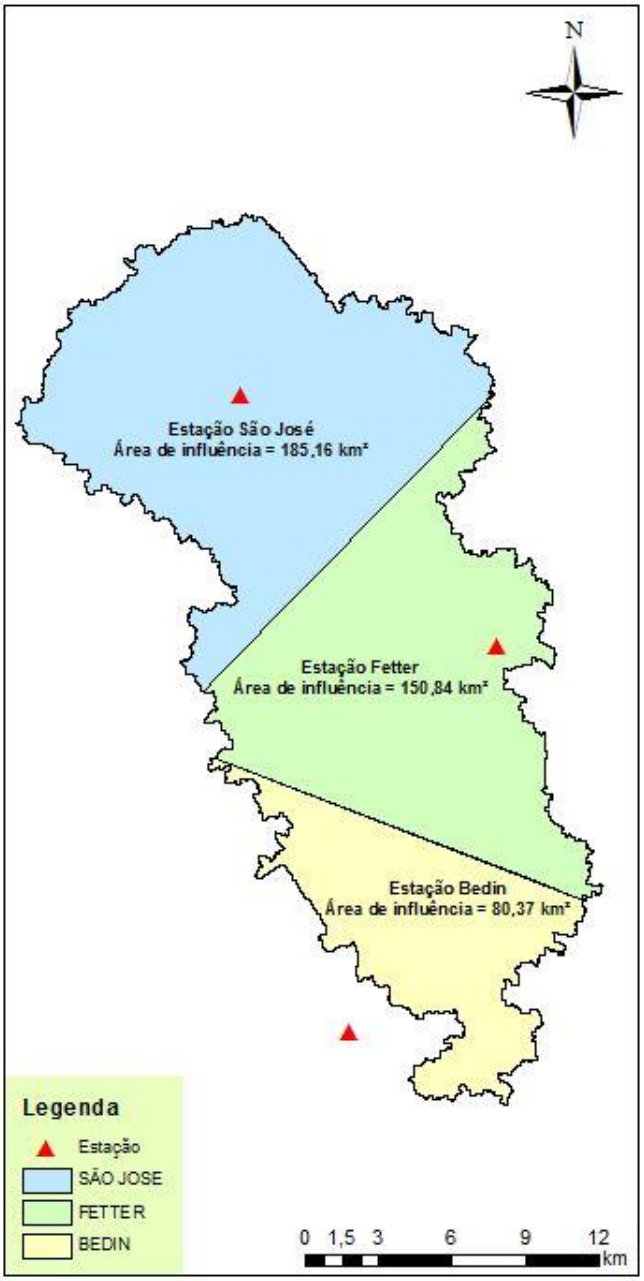

Figura 19: Polígonos de Thiessen com área de influência dos pluviômetros localizados na microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.

4.5 Cálculo da evapotranspiração

A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Camargo, dentre vários modelos existentes, segundo Gabriel (2019), o método de Camargo ocupa lugar de destaque por ser o de uso mais difundido.

$$ETP = F \times Q_0 \times T \times ND \qquad \textbf{(Equação 5)}$$

Em que:

F: é o fator de ajuste que varia com a temperatura média anual do local (Tabela 1);

Qo (mmd^{-1}): é a radiação solar extraterrestre diária expressa em equivalente de evaporação, no período considerado;

T (ºC): é a temperatura média do período;

ND: é o número de dias do período.

Tabela 1- Valores do fator de ajuste (F) em função da temperatura média anual do local.

Temperatura média anual (^{0}C)	F
Até 23,0	0,0100
24	0,0105
25	0,0110
26	0,0115
27	0,0120

Fonte: Camargo e Camargo (1983)

4.6 Vazão

A metodologia utilizada neste trabalho foi o método do balanço hídrico que consiste na análise quantitativa do ciclo hidrológico dentro de uma determinada área. A variação do volume de água dentro dos limites estabelecidos é igual à diferença entre toda a água que entra no sistema e a água que sai do mesmo. Portanto, o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica pode ser descrito pela seguinte equação:

(Es+Eb) = P – Etr - dS/dt **(Equação 6)**

Em que:

dS/dt = variação total da quantidade de água no solo por unidade de tempo;

P = quantidade de água precipitada por unidade de tempo;

Etr = quantidade de água evapotranspirada por unidade de tempo;

Es = Escoamento superficial;

Eb = Escoamento básico.

Levando em consideração que a somatória do escoamento básico e do escoamento superficial resulta na vazão do curso d'água estimada, temos que:

Q= Es + Eb **(Equação 7)**

Em que:

Q = vazão do curso d'água estimada.

No presente trabalho, o período hidrológico estudado será de um ano, por isso considera-se que a lâmina de água acumulada no solo não causa efeitos significativos, pois o nível médio das águas subterrâneas permanece constante ao longo do tempo, sendo, portanto, o termo considerado zero (dS/dt = 0). Desta forma o equacionamento passa a ser:

Q= P - Etr **(Equação 8)**

4.7 Cálculo do armazenamento de água na bacia

O cálculo do armazenamento de água na bacia baseou-se na aplicação do princípio da conservação de massas em uma bacia hidrográfica, também conhecido como equação hidrológica ou equação do balanço hídrico. Sendo que, para qualquer volume eventual e durante qualquer época, a diferença entre as entradas e saídas estará vinculada a variação de volume de água armazenado.

Considerando a precipitação a única entrada de água superficial e a evapotranspiração e o escoamento na seção do rio Caiabi as únicas saídas de água. A equação utilizada para o balanço hídrico foi a equação 9, apresentada a seguir:

ΔS = P - Q - ETP **(Equação 9)**

Em que:

P= precipitação (mm),

ETP= evapotranspiração potencial (mm),

Q= vazão (mm)

ΔS= variação de armazenamentode águano solo (mm).

O armazenamento de água foi calculado para cada mês entre 2016 e 2020, aplicando-se a equação 9.

4.8 Balanço hídrico climatológico

O balanço hídrico climatológico (Tabela 3) foi realizado através do método de Thornthwaite e Mather (1955). utilizando planilha elaborada por Rolim et al., (1998). A série de dados históricos utilizada compreendeu o período de (2016 – 2020). Para a execução do cálculo do balanço hídrico climatológico (BHC), foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD) e utilizados valores médios mensais de temperatura e precipitação pluviométrica entre os anos de 2016 e 2020, coletados pelas estações meteorológicas localizadas na microbacia.

De acordo com Passos et al. (2008) esse é um dos métodos mais utilizado de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo ao longo do ano. Através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela chuva (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao estudo em questão, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração potencial (ETo), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Dados obtidos

Na Tabela 2 é apresentado o resultado da evapotranspiração potencial pelo método de Camargo para a região da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT. Onde a ETP anual total foi de 1493,99 mm, tendo como maior e menor valor registrados nos meses de outubro e junho, com 145,52 mm e 99,62 mm, respectivamente.

Tabela 2- Evapotranspiração potencial da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, pelo método de Camargo, com dados médios das variáveis entre os anos de 2016 e 2020.

Meses	**ND** (dias)	**T (ºC)**	**Q_0 (mmd^{-1})**	**F**	**ETP Camargo 2016-2020**
Jan	31	25,21	15,66	0,0115	140,74
Fev	28	25,47	15,68	0,0115	128,60
Mar	31	25,52	15,17	0,0115	138,01
Abr	30	25,61	14,03	0,0115	123,96
Mai	31	24,89	12,76	0,011	108,30
Jun	30	23,86	12,1	0,0105	90,94
Jul	31	23,34	12,43	0,0105	94,43
Ago	31	25,47	13,56	0,0115	123,13
Set	30	26,48	14,75	0,012	140,61
Out	31	26,43	15,44	0,012	151,81
Nov	30	25,53	15,58	0,0115	137,23
Dez	31	24,91	15,56	0,011	132,17
Média		25,23	14,39		125,83

ND: número de dias; T: temperatura; Q_0: radiação solar extraterrestre; F: fator de ajuste; ETP: evapotranspiração potencial.

5.2 Balanço hídrico climatológico

Na (Tabela 3) são apresentados os resultados do BHC para a região da microbacia hidrográfica do rio Caiabi - MT. A precipitação e evapotranspiração real anual total são iguais a 1865,20 mm e 1142,80 mm, respectivamente, entre os anos de 2016 e 2020.

Observa-se ainda que o excedente hídrico durante o ano supera o déficit, demonstrando a capacidade de recarga da bacia e a baixa probabilidade a períodos sem disponibilidade de água. Porém, como a bacia apresenta inúmeras propriedades agrícolas que fazem uso da água para irrigação, é necessário que haja uma adequada gestão dos recursos hídricos para garantir a demanda da população. Coelho, Azevedo e Antunes (2016) destacaram a importância do adequado manejo dos recursos hídricos, principalmente no

sentido de concessão de outorgas, a fim de minimizar os problemas relacionados à conflitos de usos.

O balanço hídrico climatológico, da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, indica um excedente hídrico anual de 722,3 mm, e que ocorrem duas estações bem definidas: uma quente e úmida, e outra seca e fria. As chuvas concentram-se no período entre outubro e abril, com a precipitação de mais de 90% do acumulado anual.

Tabela 3- Balanço hídrico climatológico para a microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, pelo método de Thornthwaite & Mather (1955), entre os anos de 2016 e 2020.

Meses	T (C)	P (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,21	315,70	137,85	137,80	0,00	177,80
Fev	25,47	235,60	127,86	127,90	0,00	107,70
Mar	25,52	289,10	135,06	135,10	0,00	154,00
Abr	25,61	155,80	121,10	121,10	0,00	34,70
Mai	24,89	36,70	110,49	88,90	21,60	0,00
Jun	23,86	12,50	97,36	39,90	57,50	0,00
Jul	23,34	7,50	100,86	19,90	80,90	0,00
Ago	25,47	16,50	120,10	21,70	98,40	0,00
Set	26,48	37,20	131,76	39,00	92,80	0,00
Out	26,43	174,10	142,16	142,20	0,00	0,00
Nov	25,53	237,30	134,40	134,40	0,00	36,00
Dez	24,91	347,10	135,01	135,00	0,00	212,00
TOTAIS	302,70	1865,20	1493,99	1142,80	351,10	722,30
MÉDIAS	25,20	155,40	124,50	95,20	29,30	60,20

T: temperatura média; P: precipitação; ETP: evapotranspiração potencial; ETR: evapotranspiração real; DEF: déficit hídrico; EXC: excedente hídrico.

Os balanços hídricos climatológicos estimados para o período de 2016 a 2020 foram realizados para cada ano e posteriormente para a média dos dados meteorológicos deste período. Nas Figuras 20, 21, 22, 23, 24 e 25 estão representados graficamente os valores de excedente (EXC), déficit (DEF), retirada de água do armazenamento (RET), reposição de água ao armazenamento (REP), evapotranspiração potencial (ETP) e Precipitação (P).

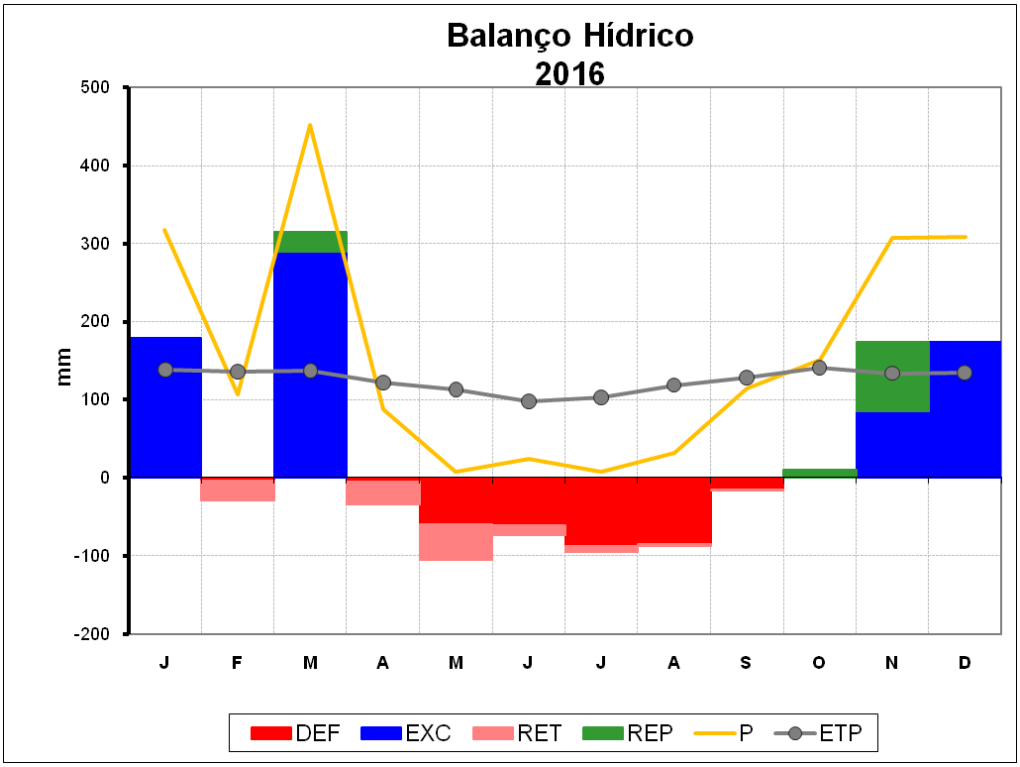

Figura 20- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2016.

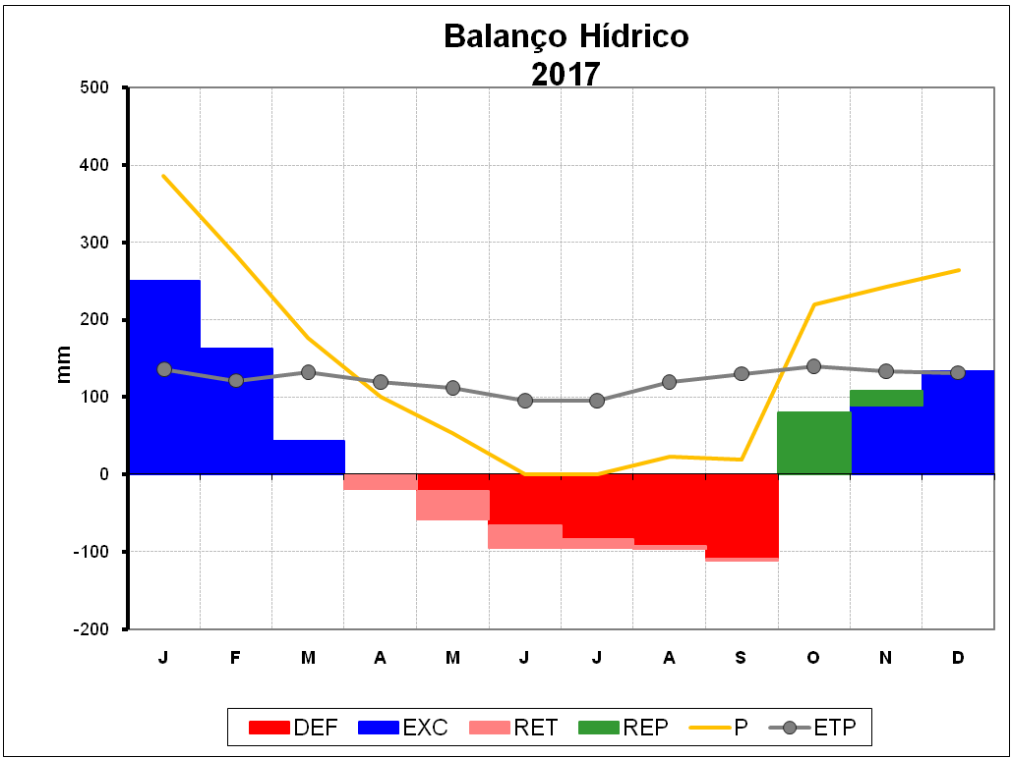

Figura 21- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2017.

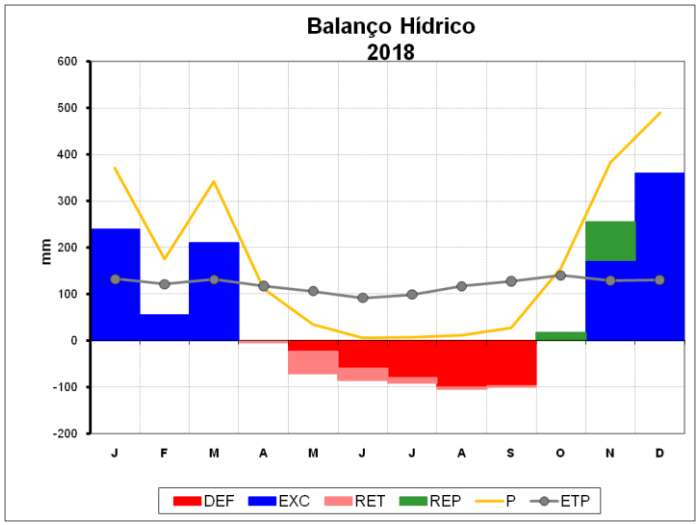

Figura 22- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2018

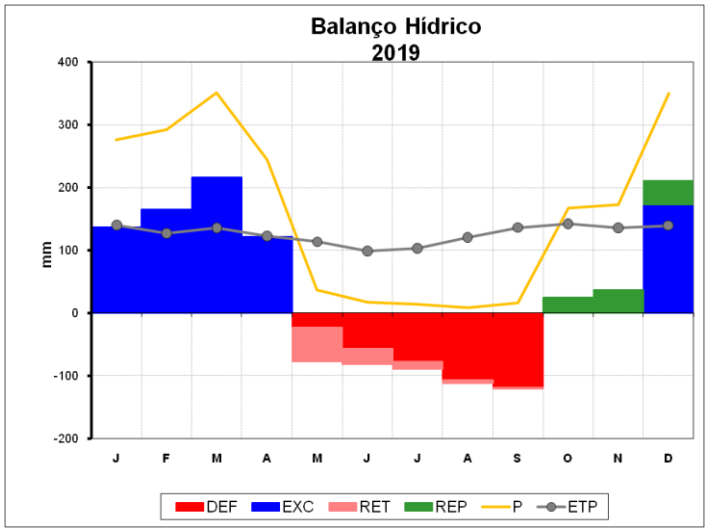

Figura 23- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2019.

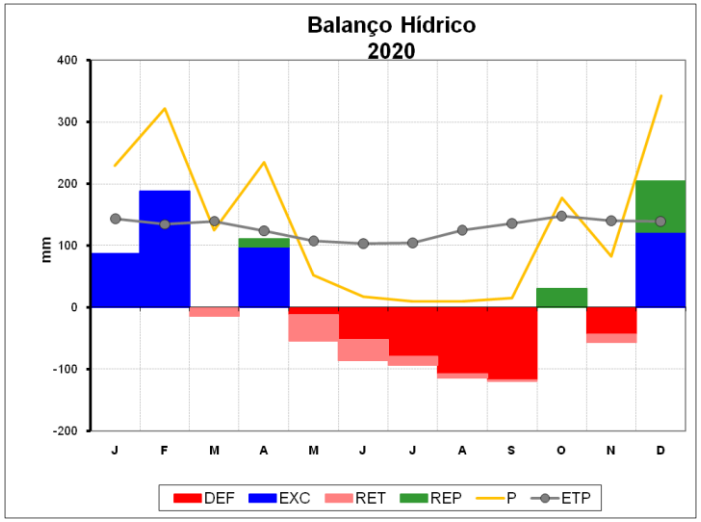

Figura 24- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2020.

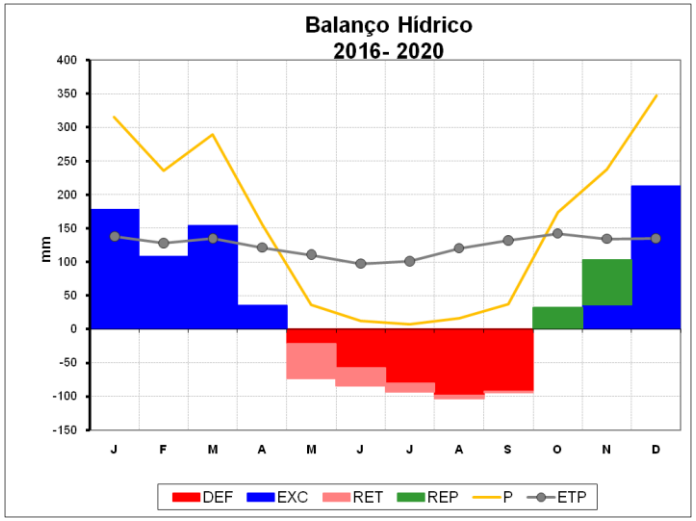

Figura 25- Gráfico do Balanço Hídrico Climatológico, representativo da microbacia hidrográfica do rio Caiabi – MT, 2016 - 2020.

As taxas médias anuais de precipitação, evapotranspiração potencial, déficit e excedente para a região são respectivamente de 1865,16 mm, 1493,99 mm, 351,10 mm e 722,30 mm. Souza et al. (2013) estimou o balanço hídrico para aestação meteorológica instalada na Gleba Celeste, município de Vera - MT, que tem área dentro da microbacia do rio Caiabi, e obteve índice de precipitação anual média de 1974,47 mm, evapotranspiração potencial de 1327,29 mm.

De acordo com a Figura 25 é possível observar notadamente a presença de duas estações distintas, a estação chuvosa entre outubro e abril que representa 94,07% da precipitação total anual e a estação seca de maio a setembro que contribui com apenas 5,93% da precipitação total anual.

O balanço hídrico climatológico determinou o predomínio do déficit hídrico, verificado em 5 meses, com o total anual de 351,1 mm. Os meses com o maior excedente hídrico foi o de dezembro (212 mm) e janeiro (177,8 mm).

No começo da estação chuvosa, as chuvas iniciais são empregadas na reposição da água do solo, já no início do período de estiagem, verifica-se a retirada de água do solo, época em que começa a ocorrência de deficiência hídrica na região, estendendo-se de maio a setembro.

Na (Tabela 4) pode-se verificar os valores totais anuais dos déficits e dos excedentes dos BHC construídos mensalmente para os anos propostos e para a média dos anos (2016-2020).

Entre os anos estudados, o período que apresentou o maior déficit e o menor excedente acumulado foi o de 2020, em que ambos valores estão bem afastados dos dados médios, quando comparados com a média do período (2016-2020). Já o ano de 2018 foi o que apresentou o maior valor de excedente, e em 2016 ocorreu o menor déficit hídrico.

Tabela 4- Valores totais da evapotranspiração (ETP), precipitação (P), déficits (DEF) e excedentes (EXC) do BHC mensal, dos anos e da média do período de 2016-2020, para a microbacia.

Ano	ETP	P	DEF	EXC
2016	1501,70	1909,19	318,20	725,70
2017	1467,28	1767,08	376,70	676,50
2018	1440,09	2111,81	361,50	1033,20
2019	1515,85	1941,41	385,40	811,00
2020	1545,03	1620,94	417,10	493,10
16/20	1493,99	1865,20	351,10	722,30

5.3 Balanço hídrico hidrológico

A microbacia do rio Caiabi possui uma área de drenagem de 416,37 km², percorrendo uma extensão de aproximadamente 37,79 km.

A precipitação média de longo período na bacia para o período de 2016 a 2020, obtida pelo método de Thiessen é de 1.894,34 mm Tabela 5. A Figura 26 mostra o gráfico com a variação sazonal da precipitação estimada pelo método de Thiessen. É possível notar duas estações climáticas bem definidas período seco (maio, junho, julho, agosto e setembro) e período chuvoso (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril). O mês em que ocorre o maior volume de precipitação é dezembro com 353,05 mm e o que ocorre o menor volume é julho com 7,52 mm.

Tabela 5- Precipitação média da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, pelo método de Thiessen entre os anos de 2016 e 2020.

PONTOS PLUVIOMÉTRICOS	ÁREA	LOCALIDADE	PRECIPITAÇÃO ANUAL (mm)	ÁREA km²	% EM RELAÇÃO AO TOTAL DE ÁREA	PRECIPITAÇÃO PONDERADA (P x A) (mm)
P1	A1	BEDIN	1985,75	80,37	19,30	383,25
P2	A2	FETTER	1955,9	150,84	36,23	708,62
P3	A3	SÃO JOSE	1804,52	185,16	44,47	802,47
TOTAL	MÉDIA ARITMÉTICA = 1915,39			416,37	100	
	MÉDIA DE THIESSEN = 1894,34					

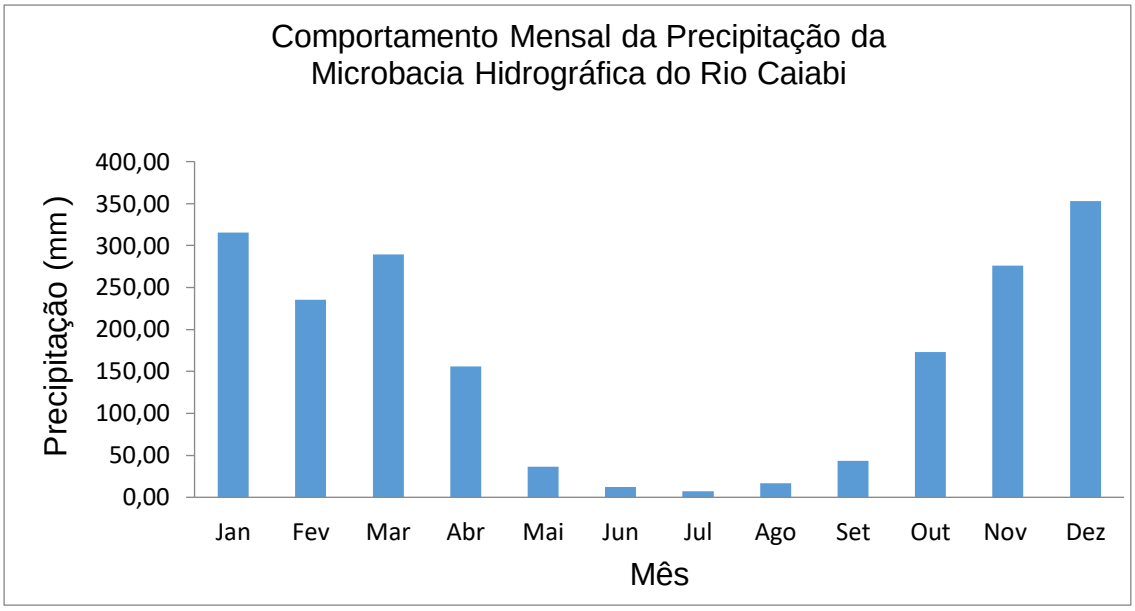

Figura 26- Variação sazonal da precipitação (2016–2020).

A Figura 27 mostra a variação sazonal da evapotranspiração potencial pelo método de Camargo para a região da microbacia hidrográfica do rio Caiabi, MT. A ETP anual total foi de 1493,99 mm, tendo como maior e menor valores registrados nos meses de outubro e junho, com 142,16 mm e 97,36 mm, respectivamente.

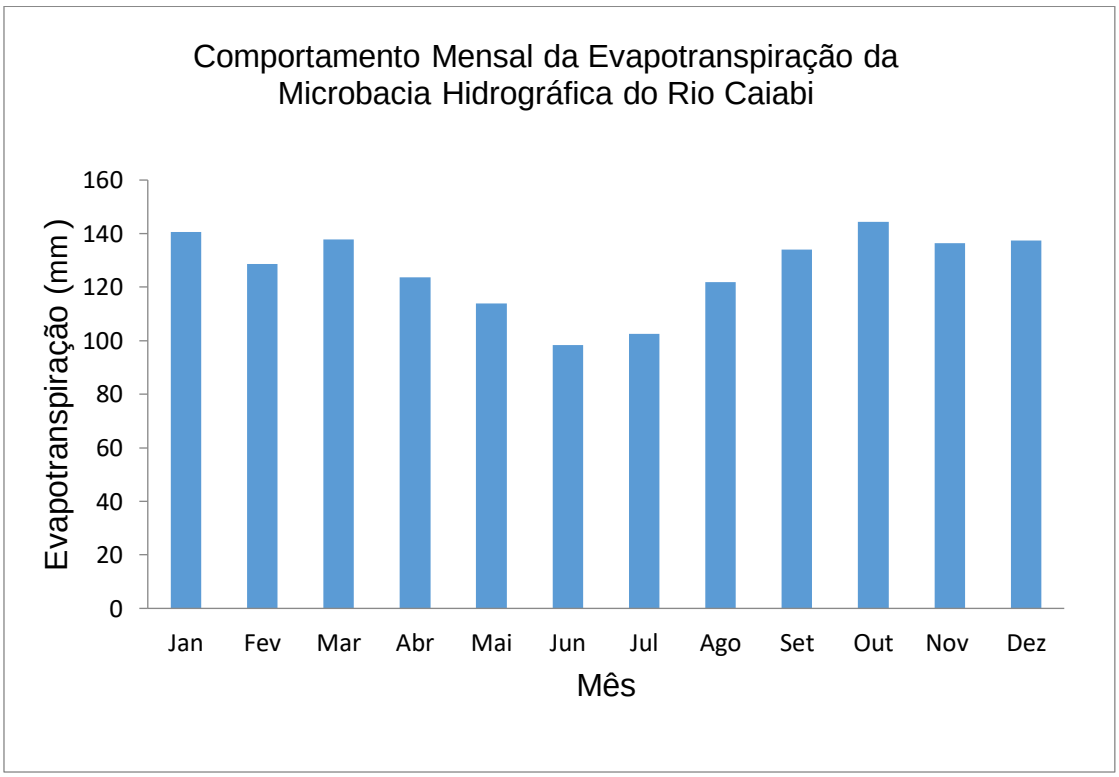

Figura 27- Variação sazonal da evapotranspiração (2016–2020).

A vazão média calculada para a bacia foi de 7,60 $m^3 s^{-1}$ o que representa em média 572,59 mm escoados superficialmente por ano. A (Figura 28) mostra a representação gráfica da variação sazonal da vazão média. Nota-se que os picos de vazão da bacia são nos meses de fevereiro, março e abril, com 10,04 $m^3 s^{-1}$, 10,35 $m^3 s^{-1}$ e 10,51 $m^3 s^{-1}$ respetivamente. Nos meses de setembro e outubro, o rio Caiabi apresenta suas menores vazões média mensal com cerca de 5,27 $m^3 s^{-1}$ e 5,33 $m^3 s^{-1}$ respetivamente.

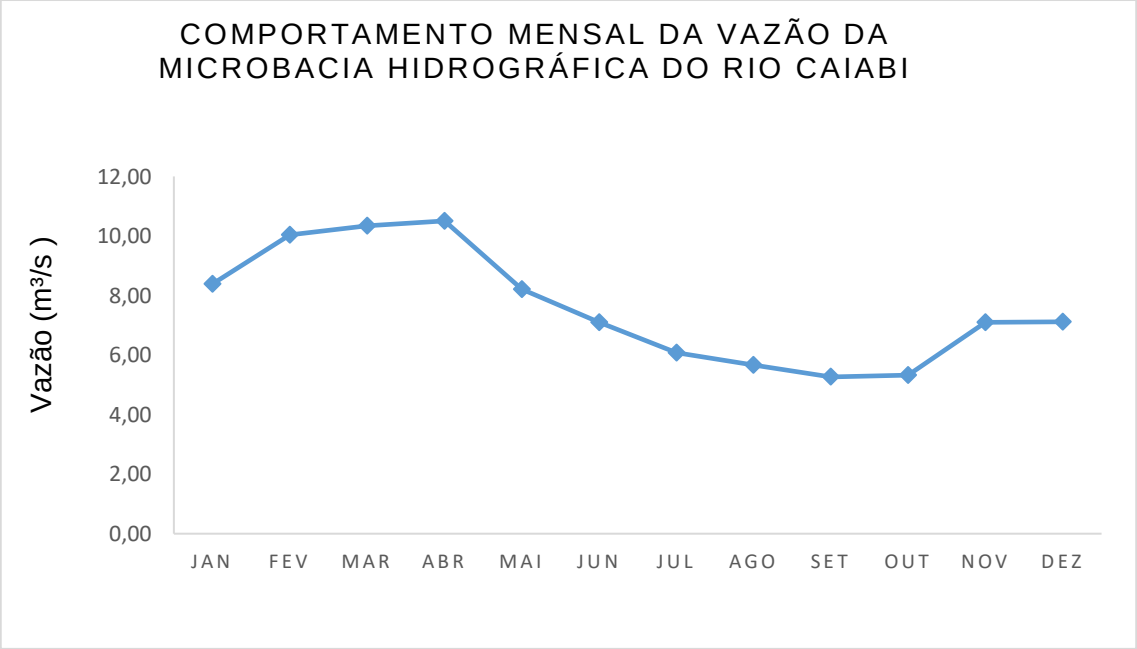

Figura 28- Variação sazonal da vazão (2016–2020).

O armazenamento de água na bacia foi calculado em -169,60 mm em média armazenado anualmente. A Figura 29 mostra a distribuição sazonal do armazenamento de água calculado para a bacia.

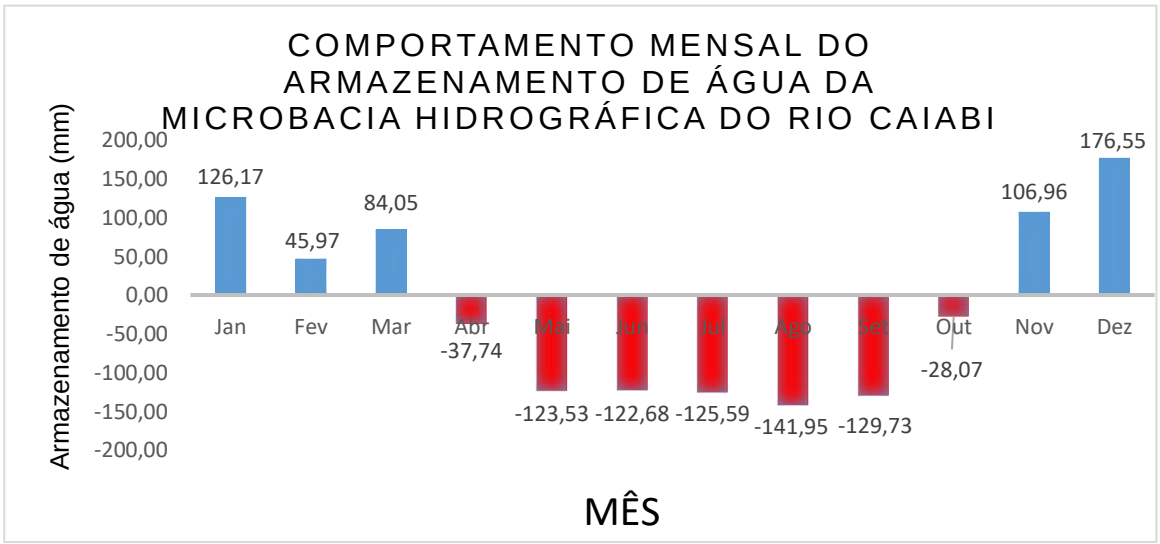

Figura 29- Variação sazonal do armazenamento de água (2016–2020).

De uma forma geral é possível notar que entre os meses de abril e outubro, a bacia apresentou um déficit no armazenamento de água, com um total acumulado de -169,60 $mm.ano^{-1}$, período que caracteriza o uso dos sistemas de irrigação/pivô.

O balanço hídrico apresentou apenas 5 meses com excedente hídrico, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, que representam 539,70 mm. A reposição de água no solo teve início novembro, ficando assim facilmente disponível as plantas cultivadas na região para que possam realizar suas atividades metabólicas e fisiológicas. O período de deficiência hídrica, faz com que as plantas sofram mais, respondendo negativamente de diferentes formas, como redução de produtividade, produção, porte de planta, raízes, área foliar entre outros.

Sendo assim a utilização da irrigação se torna uma ferramenta indispensável para redução de risco na região para produção de alimentos fora da época (entressafras) e um aumento da rentabilidade agrícola os quais trazem resultados muito satisfatório quando se trata de uma região altamente dependente da produção agrícola, com destaque para a soja milho e feijão plantado no pivô. No aspecto geral a irrigação é uma forma artificial de suprir as necessidades hídricas das culturas possibilitando o desenvolvimento morfológico e fisiológico de forma otimizada (BARRETO et al., 2003).

A partir da análise das informações, notasse que a microbacia hidrográfica do rio Caiabi está em situação de estresse hídrico, onde o excedente hídrico durante o ano não supera o déficit, demonstrando uma baixa capacidade de recarga da bacia. Como a bacia apresenta inúmeras propriedades agrícolas que fazem uso da água para irrigação, é necessário que haja uma adequada gestão dos recursos hídricos para garantir a demanda da população. Coelho, Azevedo e Antunes (2016), destacaram a importância do adequado manejo dos recursos hídricos, principalmente no sentido de concessão de outorgas, a fim de minimizar os problemas relacionados à conflitos de usos.

A grande dificuldade de muitos produtores rurais que compõe a região é determinar quando e quanto irrigar, assim, através do balanço hídrico mensal, pode se determinar o planejamento integrado dos recursos hídricos da região com base em dados históricos, alem de ajudar a ter um melhor conhecimento em relação a época de plantio e colheita das principais cultivares da região.

6 CONCLUSÃO

A microbacia hidrográfica do rio Caiabi apresenta uma definição de períodos chuvosos e secos, bem marcados, sendo que os meses mais chuvosos estão concentrados entre outubro e abril, e a seca, de maio a setembro.

A precipitação média de longo período na bacia para o período de 2016 a 2020, obtida pelo método de Thiessen é de 1.894,34 mm, o mês em que ocorreu o maior volume de precipitação foi em dezembro com 353,05 mm e o de menor volume foi em julho com 7,52 mm.

A ETP anual total foi de 1493,99 mm, tendo como maior e menor valores registrados nos meses de outubro e junho, com 142,16 mm e 97,36 mm, respectivamente.

A vazão média calculada para a bacia foi de 7,60 $m^3 s^{-1}$ o que representa em média 572,59 mm escoados superficialmente por ano.

A microbacia hidrográfica do rio Caiabi apresenta 7 meses de deficiência hídrica no solo, chegando a 186,07 mm ao ano, concentrando-se nos meses de abril a outubro.

Levando em consideração que o período de plantio da soja deve ocorrer a partir da segunda quinzena de setembro, que é quando termina o período de vazio sanitário para o MT, segundo os dados as condições climáticas não o permitiram. Possivelmente os produtores seriam obrigados a retardar o seu início de plantio para a primeira quinzena de outubro, época onde as chuvas já estão mais estabilizadas.

A precipitação no mês de fevereiro foi muito propícia ao período da colheita da soja e plantio do milho, onde uma vez não teve excessos de precipitação que pudesse vir a comprometer a colheita, e também não faltou água para o plantio da “safrinha” do milho.

A partir do conjunto dos dados dos históricos da microbacia, permite-se conhecer o histórico climatológico da região e elaborar um calendário agrícola que apresenta os melhores períodos para plantio, colheita e desenvolvimentos das culturas, proporcionando condições que evitem prejuízos à atividade

Enfim, o trabalho mostra a importância do monitoramento pluviométrico para região, porém, é de suma importância um estudo mais detalhados com uma maior quantidade de tempo e dados, para que seja possível preencher todas as falhas nas coletas de dados que ocorrem ao longo dos anos e assim chegar a melhores representações pluviométricas para região, de forma a auxiliarem o planejamento e o uso sustentável dos recursos hídricos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES SOBRINHO, T.; RODRIGUES, D. B. B.; OLIVEIRA, P. T. S.; REBUCCI, L. C. S.; PERTUSSATTI, C. A. Estimativa da evapotranspiração de referência através de redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Meteorologia, Santa Maria**, v.26, n.2, p.197-203, 2011.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Hidrologia básica**. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/66/2/Unidade_1.pdf. Acesso em: 12 abr. 2021.

APARECIDO, L. E. et al. Caracterização Hídrica Espacial e Sazonal de Mato Grosso do Sul com Dados em Grid. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 147-156, 2020.

BALLARI, D.; GIRALDO, R.; CAMPOZANO, L.; SAMANIEGO, E. Spatial function al data analysis for regionalizing precipitation seasonality and intensity in a sparsely monitored region: Unveiling the spatio-temporal dependencies of precipitation in Ecuador. **Int. J. Clim**. v. 38, p. 3337-3354, 2018.

BANDIM, C.G.A, GALVINCIO, J. D. Mapeamento da áreas de armazenamento de água em depressão, usando dados lidar: Estudo de casos avenida caxangá. Revista Brasileira de Geografia Fisica, 1, 58-67, 2021.

COELHO, F., AZEVEDO, J., ANTUNES, J. Sustentabilidade hídrica na região sudeste e as interfaces com o abastecimento de água da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 41, p. 105-116, jun. 2016.

DA LUZ,G. G.; GALVINCIO, J.D. Balanço hidrico superficial da bacia hidrografica do riacho Milagres-PE, utilizando o SUPer. Revista Brasileira de Geografia Fisica, v. 15, n. 2, p. 1094-1107, 2022.

DE MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiro; DE OLIVEIRA, Marcus Vinícius Siqueira; DA SILVA, Danielle Ferreira. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. **Geo Uerj**, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010.

DE SOUZA ALVES, R G.; LIMA, D. P. Qualidade de água da bacia Ribeirão Taquaruçu do Tocantins. Engineering Sciences, v. 9, n. 3, p. 22-29, 2021.

DOS SANTOS, Robson Argolo; MARTINS, Daniel Lima; SANTOS, Rosangela Leal. Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). **Geo UERJ**, n. 33, p. 34159, 2018.

FAGUNDES, FABIANO. Analise do uso da água para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Formoso 2021.

FILGUEIRAS, R.; OLIVEIRA, V.M.R.; CUNHA, F.F.; MANTOVANI, E.C. Variabilidade temporal de parâmetros do balanço hídrico no manejo de culturas agrícolas. Engenharia Agrícola, v. 38, n. 5, 2018.

FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luis. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Revista eletrônica Ateliê Geográfico**, v.5, n. 3, p. 239-254, dez.2011.

GABRIEL, A. Evapotranspiração de referência na microbacia hidrográfica do Rio Caiabi, afluente da margem direita do Rio Teles Pires. TCC (Graduação) – Curso de Agronima, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2019. Disponível em:http://bdm.ufmt.br/handle/1/1652>. Access in: maio de 2021.

GUANDIQUE, M. E. G., MORAIS, L. C. Estudo de variáveis hidrológicas e do balanço hídrico em bacias hidrográficas. **Ecologia de reservatórios e interfaces. São Paulo: Universidade de São Paulo**, p. 434-447, 2015.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2017: BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em:< https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inmet?r=bdmep/bdmep>. Access in: maio de 2021.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em:< https://www.ibge.gov.br>. Access in: maio de 2021.

ICHIYANAGI, K.; YAMANAKA, M.D.; MURAJI, Y.; VAIDYA, B.K. Precipitation in Nepal between 1987 and 1996. **Int. J. Clim**. v. 27, p. 1753-1762, 2018.

IRMAK, A. **Evapotranspiration** – Remote sensing and modeling. Published by InTech, DOI: 10.5772/725 , Croatia. Dec., 2011.

JILLO, A.Y.; DEMISSIE, S.S.; VIGLIONE, A.; ASFAW, D.H.; SIVAPALAN, M. Characterization of regional variability of seasonal water balance within Omo-Ghibe River Basin, Ethiopia. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 8, p. 1200-1215, 2017.

JIN, Z.; LIANG, W.; YANG, Y.; ZHANG, W.; YAN, J.; CHEN, X.; LI, S.; MO, X. Separating vegetation greening and climate change controls on evapotranspiration trend over the Loess Plateau. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2017.

JUNG, M.; REICHSTEIN, M.; CIAIS, P.; SENEVIRATNE, S.I.; SHEFFIELD, J.; GOULDEN, M.L.; BONAN, G.; CESCATTI, A.; CHEN, J.; DE JEU, R. Recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. **Nature,** v. 467, n. 7318, p. 951-954, 2010.

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.

JUNIOR, Arroio; PONCE, Paulo. **Aprimoramento das rotinas e parâmetros dos processos hidrológicos do modelo computacional Soil and Water Assessment Tool-SWAT**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LIU, X.; WANG, S.; ZHOU, Y.; WANG, F.; LI, W.; LIU, W. Regionalization and Spatiotemporal Variation of Drought in China Based on Standardized Precipitation Evapo900 Mudança de Longo Prazo e Regionalização da Evapotranspiração de Referência no Nordeste Brasileiro transpiration Index (1961-2013). **Advances in Meteorology**, v. 2015, n. 2, 2015.

LUIZ AUGUSTO HORTA NOGUEIRA, RAFAEL SILVA CAPAZ, **Ciências ambientais para engenharia**. 1. ed. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2014.

MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; DE SOUZA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Analise climatológica, classificação climática e variabilidade do balanço hídrico climatológica na bacia do rio Uruçui Preto, PI. **Revista Brasileira de Geografia física**, V. 6, n. 4, p. 652-664, 2013.

MEKIS, E.; DONALDSON, N.; REID, J.; ZUCCONI, A.; JEFFERY, H.; LI, Q.; NITU, R.; MELO, S. An overview of surface-based precipitation observations at environment and climate change Canada. **Atmosphere-Ocean Journal**, v. 56, p. 1-25, 2018.

PORTO, L. L. R. & ZAHED F., Kamel. **Apostila de balanço hídrico**. São Paulo, Escola politécnica da USP, Depto de engenharia hidráulica e sanitária, 2008.

PÁNTANO, V.C.; PENALBA, O.C.; SPESCHA, L.B.; MURPHY, G.M. Assessing how accumulated precipitation and long dry sequences impact the soil water storage. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4316-4326, 2017.

PASSOS, Mádilo Lages Vieira; ZAMBRZYCKI, Geraldo Cesar; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Scientia agraria**, v. 18, n. 1, p. 83-89, 2017.

PACHECO, A. P; CERQUEIRA, M. A; SILVA, B. B; NICÁCIO, R. M. (2014). Análise espaço temporal da evapotranspiração na área de preservação ambiental da Ilha de Santa Rita, Alagoas, Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, p. 453-460, 2014.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: Fundag, 2013. 323p.

PERREIRA, Ana Gabriela Borges et al. Balanço hídrico climatológico para o município de Rio Verde, Goiás. **Cientific@-Multidisciplinary Journal**, v. 6, n. 1, p. 26-33, 2019.

Pinto, N. L. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo, Edgard Blücher, 1976.

OLIVEIRA, Luis F. C. de et al. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 14, n. 11, p.1186-1192, ago. 2010.

ORTH, R.; DUTRA, E.; TRIGO, I.F.; BALSAMO, G. Advancing land surface model development with satellite-based Earth observations. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, n. 5, p. 2483-2495, 2017.

ORTH, R.; SENEVIRATNE, S. I. Using soil moisture forecasts for sub-seasonal summer temperature predictions in Europe. **Climate dynamics**, v. 43, n. 12, p. 3403-3418, 2014.

REIS, G. Q. D. **Balanço hídrico normal e da sucessão soja milho da Bacia do Rio Caiabi**. 2016.

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.

SANTOS, C.A.C.; MARIANO, D.A.; NASCIMENTO, F.C.A.; DANTAS, F.R.C.; OLIVEIRA, G.; SILVA, M.T.; SILVA, L.L.; SILVA, B.B.; BEZERRA, B.G.; SAFA, B.; MEDEIROS, S.S.; NEALE, C.M.U. Spatio-temporal patterns of energy exchange and evapotranspiration during an intense drought for drylands in Brazil. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 85, p. 101982, 2020.

SCHMIDT, D.M.; LIMA, K.C.; JESUS, E.S. Variabilidade Climática da Disponibilidade Hídrica na Região Semiárida do Estado do Rio Grande do Norte. **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 41, n. 3, 2018.

SANTOS, F. X. dos; RODRIGUES, J. J. V.; MONTENEGRO, A. A. de A.; MOURA, R. F. de. Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no semi-árido nordestino. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.115-124, 2008.

SERRETI, Marco Túlio Cardoso; MARTINS, Ricardo Cristiano; ALVES, Fabiana. Influência da impermeabilização no ciclo hidrológico da cidade de Belo Horizonte/MG. **Revista Petra**, v. 1, n. 2, 2015.

SIMIONI, C.F. **Curvas-chaves da seção de uma microbacia hidrográfica na região amazônica**. 2020.

SOUZA, A. P., MOTA, L. L., ZAMADEI, T., MARTIN, C. C., ALMEIDA, F. T., & PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

TABARI, H.; MAROFI, S.; AEINI, A.; TALAEE, P.H.; MOHAMMADI, K. Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, n. 2, p. 128-136, 2011.

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

TUCCI, C. E. M. Impacto da variablilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. 150p. 2002.

TROVATI, L. R.; ANTÔNIO, M. A. A influência da variabilidade e a incerteza na medida da chuva por radar e pluviômetro na água disponível no solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 5035-5042.

UNESCO. **Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur**. Montevidéu, Uruguai. p130, 1982.

VOURLITIS, G.L.; FILHO, N.P.; HAYASHI, M.M.S.; NOGUEIRA, J.S.; CASEIRO, F.T.; CAMPELO, J.H. Seasonal variations in the evapotranspiration of a transitional tropical forest of Mato Grosso, Brazil. **Water Resources Research**, v. 38, n. 6, p. 1-11, 2002.

ZENG, Z.Z.; WANG, T.; ZHOU, F.; CIAIS, P.; MAO, J.F.; SHI, X.Y.; PIAO, S.L. A worldwide analysis of spatiotemporal changes in water balance-based evapotranspiration from 1982 to 2009. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 119, n. 3, p. 1186-1202, 2014.

ZHANG, Y.; PEÑA-ARANCIBIA, J.L.; MCVICAR, T.R.; CHIEW, F.H.S.; VAZE, J.; LIU, C.; LU, X.; ZHENG, H.; WANG, Y.; LIU, Y.Y.; MIRALLES, D.G.; PAN, M. Multidecadal trends in global terrestrial evapotranspiration and its components. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2016.

JUNIOR, Arroio; PONCE, Paulo. **Aprimoramento das rotinas e parâmetros dos processos hidrológicos do modelo computacional Soil and Water Assessment Tool-SWAT**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.