



**01 - 01 | 2023**

---

**Estimativa da intensidade e do período de variação hídrica  
nos solos do distrito de Chimoio, 2018 – 2022**

*Estimation of intensity and period of water variation estimation in the  
soils of Chimoio district, 2018 – 2022*

---

**Adelino Ernesto Macaza Mugadui | David Chadreque  
Chale**

---

**Versão eletrónica**

URL: <https://ciencia.unikivi.ao/>

Data de publicação: 06-10-2023. Páginas: 13

**Editor**

RCI-UNIKIVI

**Referência eletrónica**

Mugadui, A. E. M. & Chale, D. C. (2023). Estimativa da intensidade e do período de variação hídrica nos solos do distrito de Chimoio, 2018 – 2022. Revista da UNIKIVI. Edição Temática: Ciências Exatas e das Engenharias. Número Especial: IVº Simpósio de Economia e Gestão da Lusofonia 2023. 01(01), 01-13.



## ESTIMATIVA DA INTENSIDADE E DO PERÍODO DE VARIAÇÃO HÍDRICA NOS SOLOS DO DISTRITO DE CHIMOIO, 2018 – 2022

Estimation of intensity and period of water variation in the soils in Chimoio district, 2018 – 2022

**Adelino Ernesto Macaza Mugadui**

AFAMO, Moçambique

admugadui@gmail.com | ORCID 0009-0008-7044-2978 | Hidrologia 060100043476C

**David Chadreque Chale,**

AFAMO, Moçambique

david.chale@yahoo.com.br | ORCID 0009-0004-2253-6831 | Hidrologia 060104628893M

### RESUMO

Este artigo tem o objectivo de estimar a intensidade e período de ocorrência de excedência e défice hídricos, isto é, humidade nos solos, dada a importância da água para a agricultura, principal actividade económica da região. Intensidade de precipitação é a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação expressa, geralmente em  $mm^* h^{-1}$  ou mm. Nesta região, cada estação do ano dura seis meses: inverno, de Abril ao Setembro e verão, de Outubro ao Março do ano seguinte. Foi usada a abordagem quantitativa, com os dados meteorológicos locais e qualitativa, na interpretação dos resultados. A precipitação foi medida no posto do bairro quatro e estação meteorológica do Aeroporto de Chimoio e corresponde aos registos mensais e uso do método de *Thornthwaite & Mather*. Os resultados indicam que este algoritmo permite determinar o excedente e deficiência hídricos. O excedente hídrico começou com a média de 45 mm em Dezembro correspondendo a 17 % de precipitação e, aumentou em Janeiro para 148 mm (56 %). A partir de Janeiro registou-se um decréscimo de excedente hídrico até Abril em média 9 mm correspondendo a 11 % da precipitação, isto é, período de défice que inicia em Março com -11 mm de média e, aumenta progressivamente para médias de -65, -68 e -58 mm em Setembro, Outubro e Novembro respectivamente. A precipitação média, nesses meses chuvosos não é suficiente para preencher o défice de humidade nos solos. A evapotranspiração é superior à precipitação ao longo dos anos e, proporcional à temperatura.

**Palavras-chave:** excedente, deficit hídrico, precipitação, evapotranspiração, temperatura

### ABSTRACT

*This article aims to estimate the intensity and period of occurrence of water exceedance and deficit, that is, moisture in the soils, given the importance of water for agriculture, the main economic activity of the region. Precipitation intensity is the relationship between rainfall height and the duration of precipitation expressed, usually in  $mm^* h^{-1}$  or mm. In this region, each season takes six months:*

winter, from April to September and summer, from October to March, the following year. Quantitative approach was used, with local meteorological data and, qualitatively, in results interpretation. Rainfall was measured at four neighbourhoods post and weather station at Chimoio Airport. Precipitation corresponds to monthly records and use of Thornthwaite & Mather method. The results indicate that this algorithm allows determining the surplus and watering deficiency. The water surplus started with an average of 45 mm in December corresponding to 17 % of precipitation and increased in January to 148 mm (56 %). From January there was a decrease in water surplus until April on average 9 mm corresponding to 11 % of precipitation, i.e., deficit period that begins in March with -11 mm of average and increases progressively to averages of -65, -68 and -58 mm in September, October and November respectively. The average rainfall in these rainy months is not enough to fill the moisture deficit in the soils. Evapotranspiration is higher than precipitation over the years and has tracked temperature.

**Keywords:** exceedance, water deficit, precipitation, evapotranspiration, temperature

## 1 INTRODUÇÃO

A água na superfície da terra constitui uma das mais importantes substâncias para a existência da vida e dos ecossistemas. Entre os desafios estabelecidos para o futuro da humanidade, a questão da água é destacada por ser um recurso escasso, indispensável para a sobrevivência humana e manutenção dos ecossistemas, e insumo para todas as actividades produtivas (Cirilo, 2015). A monitorização da água nos solos em forma de humidade, estimada por modelos matemáticos-estatísticos dá subsídios para a avaliação dos excessos e deficiência hídricas. O balanço hídrico permite uma primeira avaliação, na escala macro, da disponibilidade da água ao longo do tempo e contribui para o planeamento, que é a base para o dimensionamento de qualquer forma de gestão integrada dos recursos hídricos. O balanço hídrico-climatológico é uma das várias maneiras de monitorizar a variação do armazenamento de água no solo (Sentelhas & Angelocci, 2009).

Neste estudo do distrito de Chimoio, com a superfície de 174 km<sup>2</sup>, cuja população é de 372 821 (185 116 homens e 187 705 Mulheres - INE, 2017), a questão de chuva versus uso do solo é caracterizada por algumas formas prejudiciais ao escoamento superficial normal, com manutenção natural. O sistema de drenagem urbana existente, ligado aos rios foi concebido como absoluto, isto é, apenas para águas pluviais, mas actualmente serve também para as águas de esgoto, passando a ser misto. Com base em dados pluviométricos locais, foram investigadas as chamadas chuvas críticas, isto é, de pequena duração e grande intensidade. Normalmente, as chuvas de pequena duração são de grande intensidade e, as prolongadas são de intensidade menor. A precipitação é expressa por sua intensidade, a qual é medida em milímetros da altura da água por hora. No caso de grandes superfícies, além de se considerar a infiltração de parte da água no solo não pavimentado, há que ter em conta que decorre certo tempo para que a água sature o solo e o escoamento superficial seja contínuo. Tem sido considerada chuva crítica para esse género de estimativa prudente, a chuva de 150 mm·h<sup>-1</sup> (1 500 m<sup>3</sup>/ha/h).

Neste caso a distribuição da precipitação e a variação da temperatura ao longo dos anos contribuem para a variação da humidade dos solos, daí que esta pesquisa tem como objectivo estimar a intensidade e o período de ocorrência de excedência e deficiência hídricas nos solos em forma de humidade, no período entre 2018 a 2022, através da análise da distribuição da precipitação e a variação da temperatura do distrito de Chimoio; estimar o balanço hídrico, pelo método de Thornthwaite & Mather e análise das variações hídricas nos solos para propor o uso do solo baseado nas disponibilidades hídricas.

A nível da cintura verde de Chimoio, a área arável é de 50 000 hectares e destes 25 000 é que estão a ser usados. A área média produzida por família é de 1,2 hectares e a produtividade nessa área é de 2,1 toneladas. As culturas mais produzidas são: milho, feijões e hortícolas. A actividade agrícola é realizada por cerca de 17 425 famílias camponesas e 23 associações com 501 membros e, 1 919 produtores do sector familiar assistidos tecnicamente por quatro extensionistas, de modo a garantir o aumento da produção e produtividade que apenas depende da precipitação e do excedente hídrico, pois é praticada em regime de sequeiro. O apoio técnico consiste em tecnologias e uso de sementes melhoradas, sistemas rudimentares de rega apenas para hortifruticultura, rotação de culturas, pousio, consorciação de culturas e em alguns casos o uso de adubos orgânicos

e de pesticidas (CMC, 2012). A aplicação de técnicas sustentáveis na agricultura exige a presença de água nos solos.

## 2 MÉTODOS

A pesquisa é mista (quantitativa e qualitativa), a precipitação foi medida no posto climatológico do bairro 4 e na estação meteorológica do Aeroporto, utilizando o udómetro auxiliado pela proveta graduada de 10 mm. O valor da precipitação de cada local de medição corresponde a precipitação média mensal e foi efectuado a recolha no intervalo de 6 horas para a estação do Aeroporto e as 9 horas de cada dia para o posto climatológico. A precipitação que caracteriza o distrito de Chimoio foi determinada pela média aritmética dos valores mensais dos dois locais de medição.

Na medição da temperatura foi usado o termómetro de ar seco, contido num psicrómetro e registado no intervalo de uma hora em modelo de papel 29/C. Depois do registo foi determinada a média aritmética diária. Com as médias diárias foi preenchido o modelo 14/C e posteriormente foi determinada a média mensal. O uso de médias aritméticas poderia ser acompanhado por cálculos de desvio padrão, mas o volume de dados assim não o justificou.

Segundo Tucci (2002), o período de Cinco anos estudado permite obter resultados que relacionem a precipitação e a temperatura e o comportamento hídrico nos solos da área de estudo, pois, na escala quinquenal ou tempos maiores permite analisar a influência do comportamento climático sobre o sistema global e, em específico o recurso hídrico. A análise da distribuição da precipitação e a variação da temperatura ao longo dos anos, no período em análise foi por meio de interpretação gráfica e os mesmos foram conseguidos com ajuda do pacote *Microsoft Excel* 2013. Os valores de precipitação e temperatura correspondem a média aritmética de 2018 a 2022.

Para estimar o balanço hídrico tanto anual como os Cinco anos foram determinadas as seguintes variáveis hidrológicas em milímetros (mm) por meio do método proposto: a evapotranspiração potencial (EP), evapotranspiração potencial corrigida (ETP), negativo acumulado (NegAc), armazenamento de água no solo (ARM), alteração da humidade do solo (ALT), evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e a reposição (R).

Segundo Sousa & Assunção (2021), a Capacidade de Água Disponível (CAD) para solos com culturas anuais varia de 75 a 100 mm e Tomaz (2008) refere que o balanço hídrico climatológico normal o CAD é 100 mm. Na descrição feita no distrito de Chimoio são predominantemente praticadas as culturas anuais em que CAD foi de 100 mm. No modelo proposto por Thornthwaite & Mather (1955), as variáveis hidrológicas foram determinadas através das seguintes equações:

Sentelhas & Angelocci (2012): evapotranspiração potencial (EP):  $EP = 16 \times \left( 10 \times \frac{t_i}{I} \right)^a$  em mm (1).

Onde:  $t_i$  é a temperatura média mensal;  $a$  é a constante que depende do local e é determinada por  $a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1,792 \times 10^{-2} I + 0.49239$  e  $I$  corresponde ao índice térmico anual

determinado por  $I = \sum \left( \frac{t_i}{5} \right)^{1.514}$ , adimensional (2). A evapotranspiração corrigida (ETP):

$ETP = EP \times Corr$ , em mm (3), Onde: o *Corr* representa o factor de correção que depende da latitude sendo para Chimoio representado na tabela 1.

**Tabela 1**

*Banco de valores mensais de factores de correção no distrito de Chimoio*

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Corr	1,078	0,958	1,038	0,981	0,994	0,952	0,988	1,006	0,995	1,054	1,039	1,083

Fonte: Autores, 2023

O negativo acumulado (NegAc) é determinado pelo seguinte procedimento:

- Se  $P - ETP \geq 0$  então: se  $P - ETP < 0$  então:  $NegAc = NegAc^{anterior} + (P - ETP)$  mm (3).

O armazenamento de água no solo (ARM) foi determinado pelo seguinte procedimento:  $ARM = CAD$  se  $NegAc = 0$  e, se  $NegAc < 0$  então:  $ARM = CADe^{[NegAc / CAD]}$ . (4). a alteração da humidade do Solo (ALT):  $ALT = ARM_i + ARM_{i-1}$  mm (5). A evapotranspiração real (ETR) foi determinada com base no seguinte procedimento:

- Se,  $(P - ETP) \geq 0$ ;  $ETR = ETP$  (6) e,  $(P - ETP) < 0$ ;  $ETR = P - ALT$  mm (7). A deficiência hídrica (DEF):  $DEF = ETP - ETR$  mm (8). O excedente hídrico (EXC) foi determinado com base no seguinte procedimento: apenas quando  $(P - ETR) > 0$  e  $ARM = CAD$ :

- $EXC = (P - ETP) - ALT$  mm (9). Por último a reposição (R) foi determinada com base no seguinte procedimento: Se,  $ALT \leq 0$ :  $R = ETR$  (10) Se,  $ALT > 0$ :  $R = ETR + ALT$  (11).

### 3 RESULTADOS

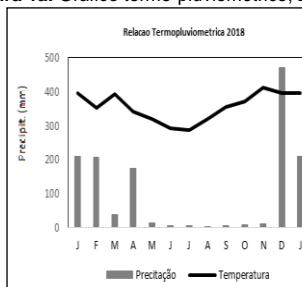
#### 3.1 Distribuição da precipitação e variação da temperatura anuais

De modo geral, no período em análise a precipitação registou valores muito baixos na época seca (de Maio ao Novembro) e valores muito altos no período chuvoso (Novembro ao Abril) (série de figura 1) acompanhando desta forma, as estações do ano em Moçambique (Macie, 2016). A estação chuvosa em Moçambique começa na segunda semana de Setembro e termina na última semana de Abril. Destaca-se nesta série o ano de 2019 em que os ciclones IDAE e KENNETH influenciaram a precipitação acima do normal.

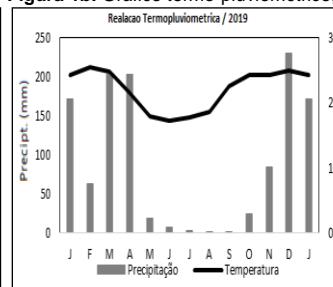
**Figura 1**

Série anual de gráficos termo-pluviométricos

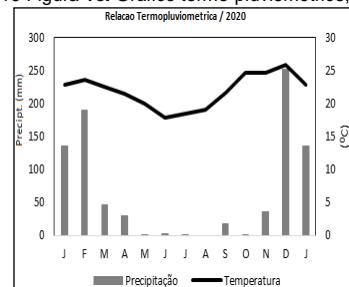
**Figura 1a.** Gráfico termo-pluviométrico, 2018



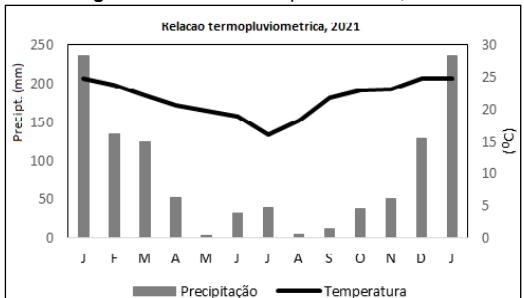
**Figura 1b.** Gráfico termo-pluviométrico, 2019



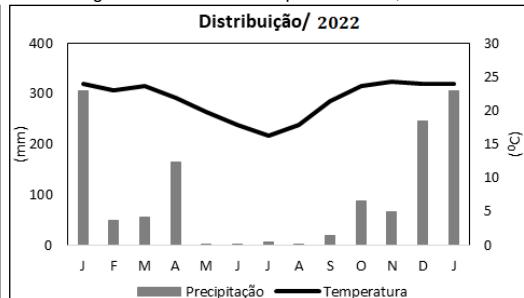
**Figura 1c.** Gráfico termo-pluviométrico, 2020



**Figura 1d.** Gráfico termo-pluviométrico, 2021



**Figura 1e.** Gráfico termo-pluviométrico, 2022



Fonte: Autores, 2023.

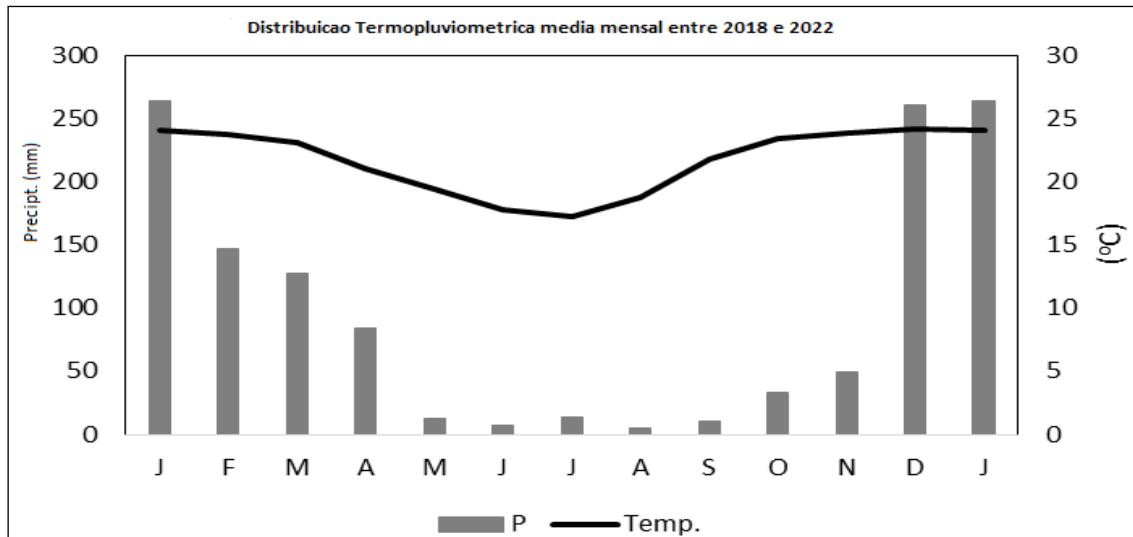
Nesta série de gráficos observa-se a variação da temperatura e da precipitação ao longo dos meses do ano, conforme se trate da estação fria e seca (inverno) ou quente e chuvosa (verão).

Os meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro, em média, foram os de maior precipitação, chegando a atingir médias acima dos 200 mm. No mês de Março foram registadas variações nos anos de 2018 e 2020, anormais para este mês do ano. De seguida verificou-se uma redução gradual das

precipitações e as mais baixas foram registadas de Abril Agosto e Setembro, sendo o Agosto o mês da mais reduzida precipitação, com a média de 7 mm (Fig. 2).

**Figura 2**

*Distribuição termo-pluviométrica média*



Fonte: Autores, 2023.

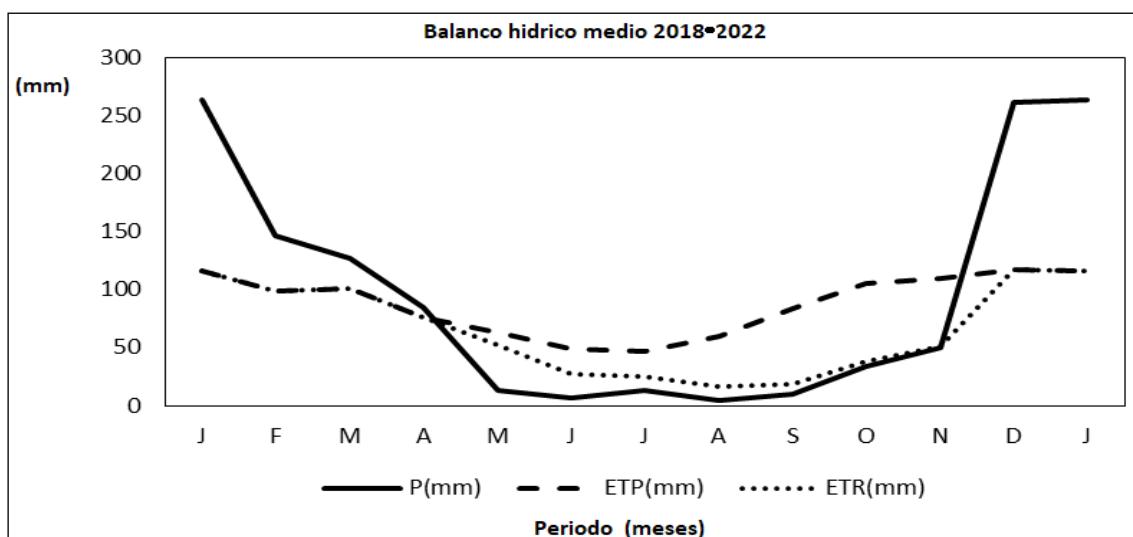
O gráfico da pluviosidade na região de Chimoio acompanha proporcionalmente a variação da temperatura ao longo dos anos, onde o clima, classificado como *Cwa*, é quente e temperado. No inverno existe muito menos pluviosidade que no verão. A temperatura média anual foi de 21,3 °C. A temperatura média varia 6,7°C ao longo do ano. A quantidade de pluviosidade sazonal é suficiente para avaliar a qualidade da estação de crescimento vegetativo; a distribuição da pluviosidade é, igualmente, importante, em particular a ocorrência de períodos de seca que podem ser longos o suficiente para superar a resistência natural das culturas agrícolas.

### 3.2 Balanço hídrico médio no período

De modo agregado, o balanço hídrico médio mostra que de Dezembro ao Abril a precipitação foi superior às duas formas de evapotranspiração (Fig. 3).

**Figura 3**

*Balanço hídrico e relação entre precipitação, evapotranspiração real e potencial*



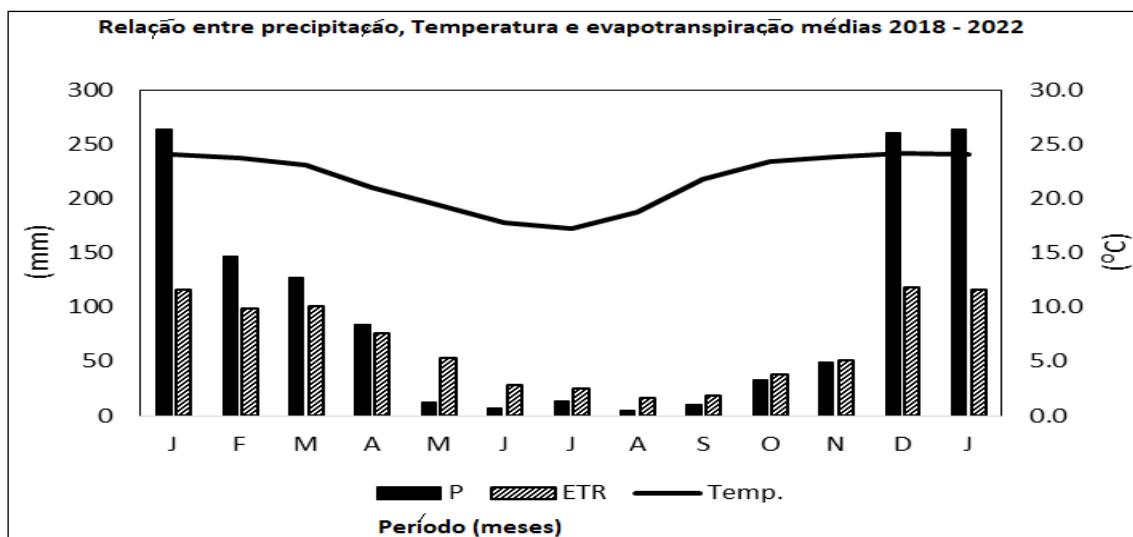
Fonte: Autores, 2023.

Na figura 3, observa-se que 258 mm é a diferença de precipitação entre o mês mais seco e o mês mais chuvoso. O mês com maior humidade relativa é Março (80,33 %). O mês com a humidade

relativa mais baixa é Setembro (56,01 %). O mês com maior precipitação é Janeiro e mês com a precipitação é Agosto (7 mm). A evapotranspiração estimada ou real varia com a temperatura e com a estação do ano, sendo maior nos meses mais quentes e menor nos mais frios. A evapotranspiração real (ETR) apresentou um comportamento idêntico ao da temperatura. Os valores mais altos ocorreram no mesmo período em que foram registadas altas temperaturas (Fig. 4).

**Figura 4**

*Balanço hídrico e relação entre precipitação, evapotranspiração real e a temperatura médias*



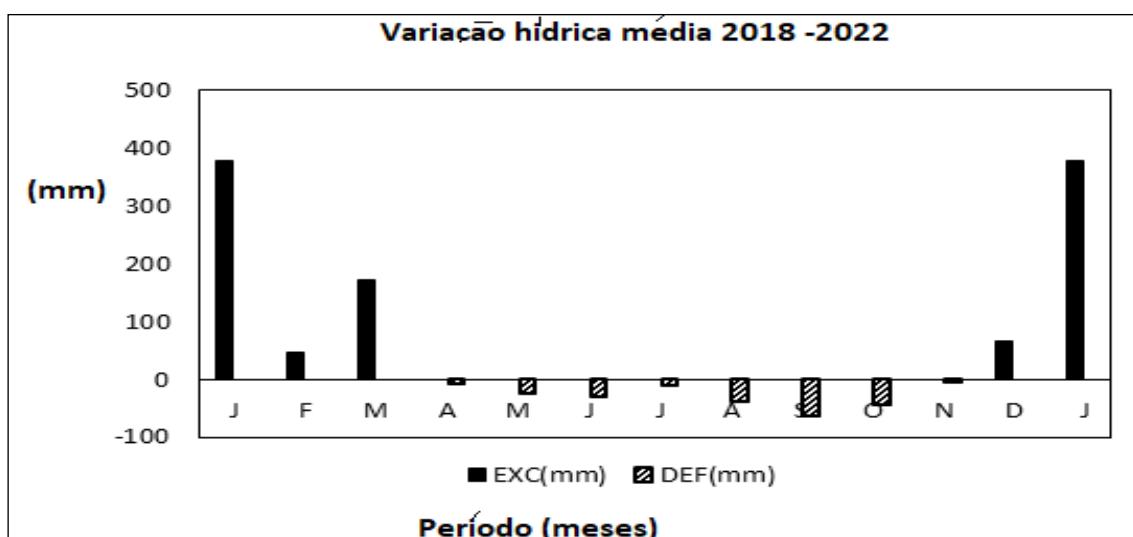
Fonte: Autores, 2023

### 3.3 Variação hídrica média anual

A deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC) anuais, determinados por meio das equações 8 e 9 são representados em termos de intensidade ou magnitude e os respectivos meses em que ocorrem. Pode constatar-se que há uma relação entre a diferença de precipitação e ETR, o EXC e DEF hídricos. Os meses em que a precipitação foi superior a ETR correspondem ao período de EXC hídrico e os meses em que a precipitação foi inferior a ETR correspondem a DEF hídrica (Fig. 5).

**Figura 5**

*Variação hídrica média (EXC e DEF) nos solos 2018-2022 (Autores, 2023)*



Fonte: Autores, 2023.

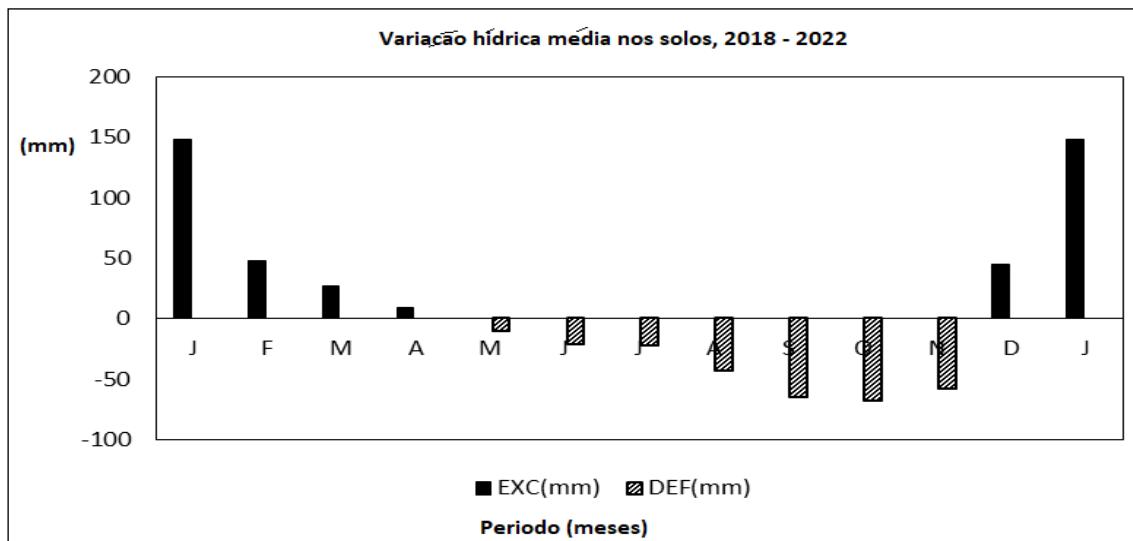
Na figura 5, o período de EXC hídrico nos solos do distrito de Chimoio em todos anos ocorreu nos meses de Dezembro ao Março do ano seguinte, de cada época chuvosa.

A variação de humidade nos solos no período em análise (figura 6), mostra que o EXC hídrico tem início no mês de Dezembro, aumentou no mês de Janeiro, e depois decresceu até ao mês de Abril, por um lado. Por outro lado, o DEF hídrico tem o início no mês de Abril, cresce até ao mês de Outubro e terminando no mês de Novembro.

#### Figura 6

Variação hídrica média nos solos 2018 – 2022

Na figura Seis, o período de défice hídrico nos solos vai de Maio ao Novembro, como resultado de coincidir com o período menos chuvoso e frio e a evapotranspiração permanece positiva.



Fonte: Autores, 2023.

## 4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A particularidade comum na série de distribuição termopluviométrica é que em Março e Abril a precipitação tem sido abundante como consequência da série de ciclones que ocorrem. Entre os meses de Abril a Novembro quase não ocorre precipitação e as temperaturas ficaram sempre abaixo de 20 °C e a precipitação nem sempre segue a mesma tendência. E, consequentemente registou-se muito pouca humidade nos solos, necessária e suficiente, principalmente para a prática da agricultura, uma das principais actividades económicas do distrito.

Ao longo dos Cinco anos, a época de estiagem, nos meses de Junho, Julho e Agosto a ocorrência de baixa precipitação é característica, entre 33 e 40 mm, em 2018, 19 mm e 21 mm, em 2020 e 37 e 18 mm, em 2021. Os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro apresentaram registos de entre 150 e 250 mm de precipitação média, tendo como consequência a variação hídrica caracterizada no gráfico da figura 5. O impacto desta situação é a perda de renda por parte dos produtores e, em certos casos, o abandono da actividade agrícola na região.

O comportamento e distribuição da precipitação são caracterizados, de uma forma geral, por registo de valores baixos, de Março ao Setembro, aumentando nos meses seguintes em que a precipitação atingiu valores mais altos nos meses de Dezembro e Janeiro, e de seguida voltou a baixar. Em termos médios, a temperatura variou entre os 17 °C no inverno (Abril – Setembro) e 27 °C, no verão Outubro - Março. A partir do método usado o balanço hídrico determinado de cada ano, e analisada a relação entre a precipitação, evapotranspiração real e a temperatura, a precipitação constitui o único meio de entrada da água e a evapotranspiração o único meio de saída da água dos solos, cujo défice ocorre entre Maio e Novembro, conforme o gráfico da figura 6.

O balanço hídrico, nos meses em que foram registadas baixas precipitações a evapotranspiração potencial foi superior à evapotranspiração real. Uma vez que as condições hídricas do solo oferecem resistência à evapotranspiração, esta é inferior a evapotranspiração potencial, sendo denominada evapotranspiração real em concordância com Rennó & Soares (2000). De Fevereiro a

Outubro registou-se um decréscimo gradual tanto da precipitação como da evapotranspiração real e potencial em função da Temperatura que foi subindo para valores acima dos 27°C. As variáveis hidrológicas registam valores baixos de Maio a Novembro, em que a precipitação atinge valores baixos relativamente a evapotranspiração, por sua vez, a evapotranspiração potencial fica superior a evapotranspiração real (Fig. 3).

A fig. 4 mostra a tendência de um saldo hídrico positivo de Dezembro ao Abril. Em Dezembro e Janeiro foi registada a maior diferença entre a precipitação e a ETR, que atingiu 261 e 264 mm contra 118 e 116 mm de ETR. De Março a Novembro, a tendência de saldo hídrico é negativa, e a precipitação foi inferior a ETR, dadas as altas temperaturas da época. Em cinco anos os valores mais baixos da ETR ocorreram no período em que foram registadas temperaturas abaixo dos 20°C. O que confirma que a evapotranspiração depende da temperatura e da disponibilidade hídrica, em consonância com Souza, *et al.*, (2006) que concluíram que a taxa de evapotranspiração está directamente relacionada à temperatura.

A deficiência (DEF) hídrica (Fig. 5) nos solos ocorreu em todo o período seco, havendo anos em que ao contrário teve início em Fevereiro. Foi registada a DEF hídrica de Abril a Novembro, que corresponde ao período seco com temperaturas acima dos 27°C. A maior DEF hídrica foi registada nos meses de Agosto e Setembro de cada ano. Dada a irregularidade na distribuição temporal da precipitação, registou-se diferentes quantidades de EXC hídrico no período chuvoso ano, sendo que Janeiro e Dezembro constituíram os meses em que houve maior quantidade de humidade no solo. O resultado indica ainda que, de um modo geral, o EXC hídrico não se verifica no início do período chuvoso, que para Macie (2016), em Moçambique começa na segunda semana de Setembro, mas sim a precipitação que se regista a partir de Setembro não é suficiente para preencher o défice de humidade do solo.

No mês de Janeiro, os solos apresentaram maior quantidade de humidade com EXC hídrico de 148 mm, que corresponde a 56 % da precipitação, o mês de Fevereiro apresenta geralmente EXC hídrico de 48 mm, o que corresponde a 33 % da precipitação. Março apresenta um EXC hídrico de 27 mm, isto é, 21 % da precipitação, sendo assim o mês com menor quantidade de humidade, na época chuvosa. No mês de Abril, o EXC hídrico é de 9 mm, o que corresponde a 11 % da precipitação e aqui inicia-se a deficiência hídrica nos solos. No mês de Dezembro em que o solo começa a registar humidade, o EXC hídrico é de 45 mm, que corresponde a 17 % da precipitação.

Os meses de Agosto (-50 mm), Setembro (-75 mm), Outubro (-80 mm) e Novembro (-70 mm) foram os que apresentaram maior défice de humidade. No início do período seco no mês de Maio, o teor de humidade é de -11 mm de DEF hídrica. Estes resultados contrastam com as necessidades hídricas do distrito de Chimoio, que apresenta condições naturais favoráveis para a prática da agricultura e criação de gado como principais actividades económicas. Neste distrito, as principais actividades económicas são: agricultura e comercialização de produtos agropecuários, fornecimento de bens e prestação de serviços, entre outras. A agricultura constitui a actividade principal praticada pelas famílias pobres e de baixa renda que produzem para o sustento e criar excedente para a comercialização que fica comprometida, em consequência da deficiência hídrica, situação corroborada no estudo de 2012, do Conselho Autárquico de Chimoio.

## 5 CONCLUSÃO

O modelo matemático de balanço hídrico de *Thornthwaite & Mather* permite determinar o balanço hídrico e estimar o excedente e deficiência hídricos nos solos. No de Chimoio o EXC hídrico determinado não coincide com o início na estação chuvosa, pois, este acontece nos meses de Dezembro ao Março, enquanto o período chuvoso tem o início geralmente em Setembro e termina em Março. De um modo geral, o EXC hídrico nos solos começou com 45 mm (17 % da precipitação), no mês de Dezembro e, de seguida aumentou no mês de Janeiro ao atingir 148 mm, o que corresponde a 56 % da precipitação média do mesmo mês. A partir de Maio registou-se um decréscimo até ao mês de Novembro, em média 9 mm correspondendo a 11 % da precipitação, o que corresponde ao período de défice.

Este défice hídrico tem o início logo depois do período chuvoso, coincidindo com o início de estiagem. Ocorre em todo período de estiagem prolongando-se até ao período chuvoso seguinte, no mês de Novembro. O DEF hídrico começa com valores de -11 mm e, de seguida, aumenta

progressivamente ao atingir os valores médios de -65 mm, -68 mm e -58 nos meses de Setembro, Outubro e Novembro, respectivamente, o que põe em causa as épocas agrícolas.

A precipitação média, nos meses de Setembro, Outubro e Novembro correspondentes ao início do período chuvoso, não é suficiente para preencher o défice de humidade necessária para agricultura, nos solos, e coincide com os meses em que a evapotranspiração é superior a precipitação. De Dezembro a Abril a quantidade da precipitação contribui para o EXC hídrico nos solos, com menor evapotranspiração. O mesmo acontece de Maio a Novembro em que a precipitação é muito baixa e inferior à evapotranspiração. Os resultados da ETR mostram que a quantidade de água dissipada por evapotranspiração ao longo dos anos acompanhou a curva da temperatura e, no período seco, a ETR foi baixa, em consonância com as temperaturas abaixo registadas nesse período. No período chuvoso que coincide com as temperaturas altas a ETR é elevada e a quantidade de água disponível para o processo é igualmente elevada. Estudos futuros são sugeridos para anos de seca, dada a ciclicidade entre secas e cheias na região.

## 6 APÊNDICES

**Tabela 2**

*Cálculos referentes ao ano de 2018*

Meses	Temp.	EP	Corr	ETP	P	P-ETP	Neg.Ac.	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	R
Jan	23,8	104,9	1,078	113,1	209,3	96,2	0,0	100,0	0,0	113,1	0,0	96,2	113,1
Fev	21,1	78,9	0,958	75,6	207,6	132,0	0,0	100,0	0,0	75,6	0,0	132,0	75,6
Mar	23,6	102,9	1,038	106,8	39,6	-67,2	-67,2	51,1	-48,9	88,5	18,3	0,0	88,5
Abr	20,5	73,7	0,981	72,3	173,2	100,9	0,0	100,0	48,9	72,3	0,0	52,0	72,3
Mai	19,2	63,1	0,994	62,8	14,4	-48,4	-48,4	61,7	-38,3	52,7	10,0	0,0	52,7
Jun	17,6	51,4	0,952	48,9	4,8	-44,1	-92,5	39,7	-22,0	26,8	22,1	0,0	26,8
Jul	17,2	48,7	0,988	48,1	5,8	-42,3	-134,8	26,0	-13,7	19,5	28,6	0,0	19,5
Ago	19,2	63,1	1,006	63,5	2,3	-61,2	-196,0	14,1	-11,9	14,2	49,3	0,0	14,2
Set	21,3	80,7	0,995	80,3	5,8	-74,5	-270,5	6,7	-7,4	13,2	67,1	0,0	13,2
Out	22,3	90,0	1,054	94,8	8,6	-86,2	-356,7	2,8	-3,9	12,5	82,4	0,0	12,5
Nov	24,8	115,7	1,039	120,2	11,2	-109,0	-465,7	0,9	-1,9	13,1	107,1	0,0	13,1
Dez	23,8	104,9	1,083	113,7	472,0	358,3	0,0	100,0	99,1	113,7	0,0	259,3	212,7
Jan	23,8	104,9	1,078	113,1	209,3	96,2	0,0	100,0	0,0	113,1	0,0	96,2	113,1
S/M	21,2			1000,1	1154,6	154,5		100,0	0,0	615,2	384,9	539,0	

Fonte: Autores, 2023

**Tabela 3**

*Cálculos referentes ao ano de 2019*

Meses	Temp.	EP	Corr	ETP	P	P-ETP	Neg.Ac.	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	R
Jan	24,3	109,0	1,078	117,4	171,7	54,3	0,0	100,0	0,0	117,4	0,0	54,3	117,4
Fev	25,5	123,0	0,958	117,9	63,3	-54,6	-54,6	57,9	-42,1	105,4	12,5	0,0	105,4

Mar	24,7	113,5	1.038	117,8	202,4	84,6	0,0	100,0	42,1	117,8	0,0	42,5	117,8
Abr	21,5	80,0	0,981	78,5	202,6	124,1	0,0	100,0	0,0	78,5	0,0	124,1	78,5
Mai	17,9	50,4	0,994	50,1	18,2	-31,9	-31,9	72,7	-27,3	45,5	4,6	0,0	45,5
Jun	17,3	46,3	0,952	44,0	6,5	-37,5	-69,5	49,9	-22,7	29,2	14,8	0,0	29,2
Jul	17,8	49,7	0,988	49,1	2,7	-46,4	-115,9	31,4	-18,5	21,2	27,9	0,0	21,2
Ago	18,6	55,5	1,006	55,9	1,5	-54,4	-170,2	18,2	-13,2	14,7	41,2	0,0	14,7
Set	22,5	89,7	0,995	89,3	0,3	-89,0	-259,2	7,5	-10,7	11,0	78,2	0,0	11,0
Out	24,2	107,8	1,054	113,6	24,3	-89,3	-348,6	3,1	-4,4	28,7	84,9	0,0	28,7
Nov	24,2	107,8	1,039	112,0	84,2	-27,8	-376,4	2,3	-0,7	84,9	27,1	0,0	84,9
Dez	24,9	115,9	1,083	125,5	230,6	105,1	0,0	100,0	97,7	125,5	0,0	7,4	223,2
Jan	24,3	109,0	1,078	117,4	171,7	54,3	0,0	100,0	0,0	117,4	0,0	54,3	117,4
S/M	22,0			1071,2	1008,3	-62,9		643,0	0,0	780,0	291,2	228,0	

Fonte, Autores, 2023

**Tabela 4**

Cálculos referentes ao ano de 2020

Meses	Temp.	EP	Corr	ETP	P	P-ETP	Neg.Ac.	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	R
Jan	22,8	93,1	1.078	100,4	135,4	35,0	0,0	100,0	0,0	100,4	0,0	35,0	100,4
Fev	23,6	101,5	0,958	97,2	189,9	92,7	0,0	100,0	0,0	97,2	0,0	92,7	97,2
Mar	22,5	90,1	1.038	93,5	46,2	-47,3	-47,3	62,3	-37,7	83,9	9,6	0,0	83,9
Abr	21,4	79,5	0,981	78,0	30,4	-47,6	-94,9	38,7	-23,6	54,0	24,0	0,0	54,0
Mai	19,9	66,3	0,994	65,9	1,4	-64,5	-159,4	20,3	-18,4	19,8	46,1	0,0	19,8
Jun	17,8	50,2	0,952	47,8	2,2	-45,6	-204,9	12,9	-7,4	9,6	38,1	0,0	9,6
Jul	18,5	55,3	0,988	54,6	0,2	-54,4	-259,3	7,5	-5,4	5,6	49,0	0,0	5,6
Ago	19,1	59,8	1,006	60,2	0,0	-60,2	-319,5	4,1	-3,4	3,4	56,8	0,0	3,4
Set	21,6	81,3	0,995	80,9	17,2	-63,7	-383,2	2,2	-1,9	19,1	61,8	0,0	19,1
Out	24,6	112,5	1,054	118,6	0,4	-118,2	-501,5	0,7	-1,5	1,9	116,7	0,0	1,9
Nov	24,7	113,7	1,039	118,1	35,9	-82,2	-583,7	0,3	-0,4	36,3	81,9	0,0	36,3
Dez	25,9	128,0	1,083	138,6	251,9	113,3	0,0	100,0	99,7	138,6	0,0	13,6	238,3
Jan	22,8	93,1	1,078	100,4	135,4	35,0	0,0	100,0	0,0	100,4	0,0	35,0	100,4
S/M	21,9			1053,8	711,1	-342,7		449,0	0,0	569,8	484,0	141,0	

Fonte: Autores, 2023

**Tabela 5***Cálculos referentes ao ano de 2021*

Meses	Temp.	EP	Corr	ETP	P	P-ETP	Neg.Ac.	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	R
Jan	24,8	115,4	1,078	124,4	234,4	110,0	0,0	100,0	0,0	124,4	0,0	110,0	124,4
Fev	23,8	104,5	0,958	100,1	134,7	34,6	0,0	100,0	0,0	100,1	0,0	34,6	100,1
Mar	22,1	87,5	1.038	90,8	125,1	34,3	0,0	100,0	0,0	90,8	0,0	34,3	90,8
Abr	20,6	73,9	0,981	72,5	52,9	-19,6	-19,6	82,2	-17,8	70,7	1,8	0,0	70,7
Mai	19,8	67,1	0,994	66,7	3,0	-63,7	-83,3	43,5	-38,8	41,8	25,0	0,0	41,8
Jun	18,9	60,0	0,952	57,2	33,3	-23,9	-107,1	34,3	-9,2	42,5	14,6	0,0	42,5
Jul	16,0	40,2	0,988	39,7	39,5	-0,2	-107,4	34,2	-0,1	39,6	0,1	0,0	39,6
Ago	18,2	54,8	1,006	55,2	4,6	-50,6	-157,9	20,6	-13,6	18,2	37,0	0,0	18,2
Set	21,8	84,6	0,995	84,2	11,8	-72,4	-230,3	10,0	-10,6	22,4	61,8	0,0	22,4
Out	22,9	95,3	1,054	100,4	38,8	-61,6	-292,0	5,4	-4,6	43,4	57,0	0,0	43,4
Nov	23,1	97,3	1,039	101,1	51,4	-49,7	-341,6	3,3	-2,1	53,5	47,6	0,0	53,5
Dez	24,8	115,4	1,083	125,0	128,2	3,2	0,0	100,0	96,7	31,5	93,5	0,0	128,2
Jan	24,8	115,4	1,078	124,4	234,4	110,0	0,0	100,0	0,0	124,4	0,0	110,0	124,4
S/M	21,4			1017,3	857,7	-159,6		633,0	0,0	678,9	338,4	179,0	

Fonte: Autores, 2023

**Tabela 6***Cálculos referentes ao ano de 2022*

Meses	Temp.	EP	Corr	ETP	P	P-ETP	Neg.Ac.	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC	R
Jan	23,9	105,5	1,078	113,7	304,7	191,0	0,0	100,0	0,0	113,7	0,0	191,0	113,7
Fev	23,0	96,2	0,958	92,1	48,3	-43,8	-43,8	64,5	-35,5	83,8	8,3	0,0	83,8
Mar	23,7	10,4	1,038	107,3	56,2	-51,1	-95,0	38,7	-25,8	82,0	25,3	0,0	82,0
Abr	21,8	84,5	0,981	82,9	164,0	81,1	0,0	100,0	61,3	82,9	0,0	19,8	82,9
Mai	19,8	67,0	0,994	66,6	1,1	-65,5	-65,5	52,0	-48,0	49,1	17,4	0,0	49,1
Jun	17,8	51,8	0,952	49,3	1,1	-48,2	-113,7	32,1	-19,9	21,0	28,3	0,0	21,0
Jul	16,3	41,9	0,988	41,4	7,1	-34,3	-148,0	22,8	-9,3	16,4	25,0	0,0	16,4
Ago	17,9	52,5	1,006	52,8	0,5	-52,3	-200,3	13,5	-9,3	9,8	43,0	0,0	9,8
Set	21,4	80,8	0,995	80,4	18,3	-62,1	-262,4	7,3	-6,2	24,5	55,9	0,0	24,5
Out	23,6	102,3	1,054	107,9	86,6	-21,3	-283,6	5,9	-1,4	88,0	19,9	0,0	88,0

Nov	24,2	108,7	1.039	113,0	66,0	-47,0	-330,6	3,7	-2,2	68,2	44,8	0,0	68,2
Dez	23,9	105,5	1.083	114,3	246,0	131,7	0,0	100,0	96,3	114,3	0,0	35,4	210,6
Jan	23,9	105,5	1.078	113,7	304,7	191,0	0,0	100,0	0,0	113,7	0,0	191,0	113,7
S/M	21,4			1021,7	999,9	-21,8		540,0	0,0	753,8	267,9	246,0	

Fonte: Autores, 2023

## 7 REFERÊNCIAS

- Cirilo, J. A. (2015) *Crise hídrica: desafios e superação*. Revista USP – São Paulo, 2015. Universidade Federal de Pernambuco. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p45-58>.
- Conselho Municipal da Cidade de Chimoio (CMC, 2012). *Plano Estratégico do Município de Chimoio 2009-2013*.
- Instituto Nacional de Estatística (INE, 2017) – *Sinopse do III Censo geral da população e habitação*. Maputo.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INAM, 2017). Precipitação média mensal e anual na região de Chimoio.
- Macie, O. A. de A. (2016) *Características da estação chuvosa em Moçambique e probabilidade de ocorrência de períodos secos*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria Brasil, Abril de 2016. Jornal Ciência e Natura. Vol. 38, 2016, pp. 232-239. ISSN: 0100-8307. Disponível em [www.Redalyc.org/articulo.ao](http://Redalyc.org/articulo.ao).
- Rennó, C. D. e Soares, J. V. (2000) *Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental. Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas* Acção "Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental. Relatório técnico Parcial. Ministério de Ciência e Tecnologia do Brasil. <https://docplayers.com.br>.
- Sentelhas, P. C. Angelocci, L. R. (2009) *Balanço hídrico climatológico normal e sequencial de cultura e para manejo da irrigação*. Piracicaba, ESALQ/USP, 2009. (Disciplina LCE 306 - Meteorologia Agrícola).
- Sousa, F. A. & Assunção H. (2021) *Capacidade de Armazenamento de Água no Solo (CAD) e Características Físicas dos Solos na Avaliação da Distribuição da Água das Chuvas na Alta Bacia do Ribeirão Santo Antônio*. Revista Brasileira de Geografia Física 14 (6): 3635. <https://DOI: 10.26848/rbgf. v14.6.p3635-3647>. License CC BY 4.0.
- Thorntwaite, C.W. & Mather, J.R. *The water balance*. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology, 1955. 104p. Publications in Climatology. Vol. VIII, n.1).
- Tucci, C. E. M. (2002) *Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos*. Brasília: fórum brasileiro de mudanças climáticas, 150 p.
- Tucci, C.E.M. (2020) *Controle de enchentes*. In: *Hidrologia Ciência e Aplicação*. ABRH- Editora UFRGS, Volume: 4, 4<sup>a</sup> Ed. 9<sup>a</sup> Reimpressão: 2020. Editora da UFRGS / ABRH. ISBN: 978-85-7025-924-0.