

---

## TENDÊNCIA E VARIABILIDADE ANUAL DA PLUVIOSIDADE NO MUNICÍPIO DE MORRO DO CHAPÉU, BAHIA, BRASIL

TAIARA SOUZA COSTA<sup>1</sup>  
RAMON AMARO DE SALES  
ROBERTO FILGUEIRAS  
ROBSON ARGOLO DOS SANTOS  
EVANDRO CHAVES DE OLIVEIRA

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa.

Autor para correspondência: [taiarasouzacosta1@gmail.com](mailto:taiarasouzacosta1@gmail.com)

---

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi analisar a tendência pluviométrica temporal e verificar o comportamento de tendência do índice de aridez da série histórica de 39 anos no município de Morro do Chapéu, Bahia. Os dados meteorológicos foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no período de janeiro de 1962 a dezembro de 2018. Com estas informações, foi possível utilizar técnicas estatísticas de análise exploratória para entender a dinâmica climática. Com base nos resultados encontrados, constatou-se que a média dos totais anuais de chuva e temperatura para a série foi 59,95 mm e 20,94 °C respectivamente, revelando pelo teste de Mann-Kendall uma tendência crescente de aridez, sendo obtido a classificação climática clima C<sub>1</sub>wB'3a'. O balanço hídrico resultou em dez meses de deficiência hídrica, retida apenas nos meses de fevereiro e dezembro. Da classificação climática conclui-se que, as informações permitiram conhecer a dinâmica ambiental temporal do município, permitindo elaborar e implementar adequado planejamento agrícola para melhor convivência com sua diversidade e conseqüentemente maior desenvolvimento rural.

**Termos para Indexação:** agrometeorologia, déficit hídrico, disponibilidade hídrica, semiárido.

## ANNUAL TREND AND VARIABILITY IN THE MUNICIPALITY OF MORRO DO CHAPÉU, BAHIA, BRAZIL

**Abstract:** The objective of this study was to analyze a temporal pluviometric trend and to verify the behavior of the tendency of aridity index of the historical series of 39 years in the municipality of Morro do Chapéu, Bahia. The meteorological data were made available by the National Meteorological Institute - INMET, from January 1962 to December 2018. With this information, it was possible to use statistical techniques of exploratory analysis to understand an escalation. Based on the results found, we found that the average of the minimum values of rain and temperature for a series was 59,95 mm and 20,94 °C respectively, revealing the Mann-Kendall test an increasing trend of aridity, the same being the climatic classification C<sub>1</sub>wB'3a'. The water balance resulted in ten months of water deficiency, retained only in the months of February and December. A climatic classification concluded that, if the information allows to know the environmental temporal environment of the municipality, to allow to elaborate and

implement the adequate agricultural planning for better coexistence with its diversity and consequently greater rural development.

**Index terms:** agrometeorology, water deficit, water availability, semi-arid.

## INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água é tema discutido em diversos cenários nacionais e internacionais, visto que o uso desse recurso é finito e indispensável para os seres vivos (Sales et al., 2018). A escassez hídrica é realidade em algumas regiões do Brasil, e conforme observado por Oliveira e Oliveira (2018), essa é uma situação que tende a aumentar e ser mais frequente, tanto no Brasil, quanto em outras regiões do mundo.

A escassez hídrica confere assim, uma necessidade de maior planejamento e gestão, que permita aperfeiçoar de forma racional e competente a disponibilidade de água. Segundo Santos et al. (2010), o planejamento é classificado como premissa básica para nortear o manejo integrado dos recursos hídricos, ao passo que o balanço hídrico climatológico (BHC) permite avaliar a necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo, além de permitir classificar uma região climaticamente (Jesus, 2015).

Como observado por Passos (2017), o conhecimento climático de uma região é de extrema importância para o planejamento agrícola, visto que é essencial para o sucesso produtivo na agricultura, uma vez que é possível determinar informações que permitem aos produtores identificar a melhor época e as áreas mais promissoras ao plantio/semeadura. Além disso, também é de crucial importância o monitoramento proativo do sistema agroclimático, haja

vista que irregularidades climáticas são umas das causas da baixa produtividade agrícola (Passos, 2017).

Segundo Castro (2012) a agricultura desenvolvida no Nordeste brasileiro, especificamente no Semiárido, apresenta grande variabilidade quando se refere às culturas exploradas e nível de tecnologia aplicado na produção agrícola. Essa diversidade de situações encontradas no Semiárido, aliada as irregularidades e reduções pluviométricas, dificulta o desenvolvimento dos vegetais, levando à deterioração do solo, além da probabilidade de tendência significativa a susceptibilidade para a desertificação.

Levando-se em conta estas condições climáticas e a relevância que existe em conhecer a distribuição pluviométrica e o nível de aridez ao longo dos anos, é de suma importância buscar estratégias que direcionem um manejo dos recursos hídricos de forma racional, haja vista que, a água é essencial para a produção agrícola e para dinâmica dos ambientes naturais.

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo analisar a tendência pluviométrica temporal e verificar o comportamento de tendência do índice de aridez da série histórica de 39 anos no município de Morro do Chapéu, Bahia, tendo em vista que este município se encontra localizado em uma região semiárida do Nordeste brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

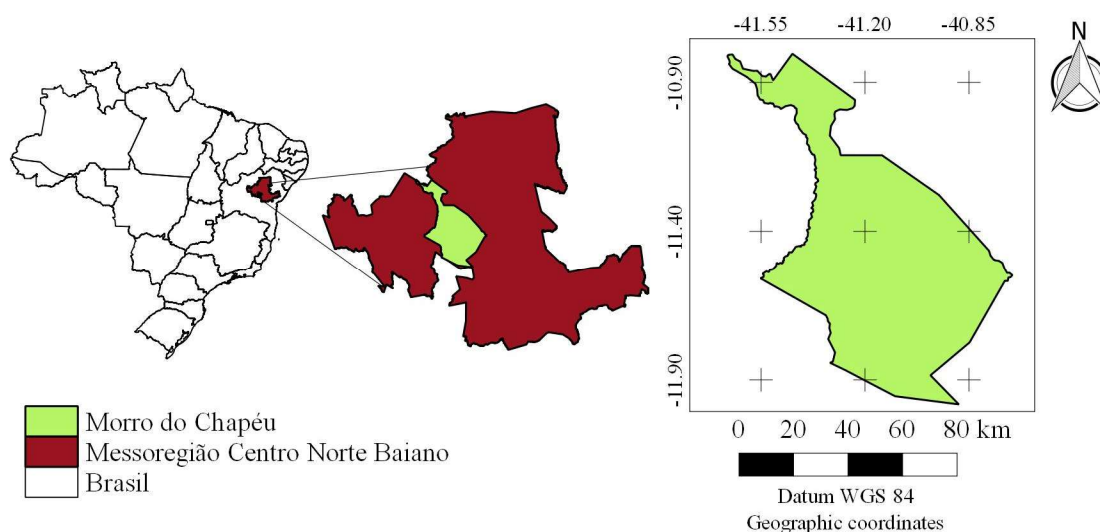
O estudo foi realizado no município de Morro do Chapéu (figura 1) que está localizado na região semiárida do Estado da

Bahia, ao norte da Chapada Diamantina, tendo como par de coordenadas central a Latitude 11°55' S, Longitude 41°17' W,

sistema de referência de coordenadas geográficas Datum SIRGAS 2000, e altitude de 1.017 metros em relação ao nível médio do mar. A população estimada para o ano de 2018 foi de 35.383 pessoas, com densidade populacional de 6,12 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2017).

O clima de acordo com a classificação de Köppen Geiger é do tipo

Aw classificado como tropical com estação seca de inverno (Alvares et al., 2014), com temperatura média anual de 20,2 °C e pluviosidade média anual de 691 mm. Segundo Lobão et al. (2011), o município possui como bacias hidrográficas, a do rio São Francisco e Paraguaçu e sub bacias dos rios Jacaré, Salitre, Jacuípe e Utinga.



**Figura 1.** Localização do município do Morro do Chapéu, Bahia.

A vegetação é formada por grande complexidade, devido à presença da variabilidade físico-ambiental, e consequentemente apresenta florestas, caatinga, cerrado, complexo rupestre e várias áreas de ecótono. Os solos em geral são rasos, devido à dinâmica pluvial do semiárido e sua intensa ação erosiva, mas, em geral, tem elevada fertilidade natural. Os solos predominantes no município são: Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos Distróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Neossolos Litólicos, Quartzarênico, Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Lobão et al., 2011).

Os dados climáticos de precipitação e temperatura foram obtidos pela estação meteorológica, número 83184, segundo o código da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Essa estação está

localizada nos pares de coordenadas geográficas: 11° 33' 9" Sul; 41° 9' 27" Oeste, a uma altitude de 1003,27 metros. Os dados referentes a essa estação meteorológica foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no período de janeiro de 1962 a dezembro de 2018. Entretanto os anos de 1966, 1970 a 1976, 1981 a 1986, 1989 a 1990 e 1992 a 1993 não foram utilizados, pois não tinham dados disponíveis pela estação, com isso totalizou uma série histórica de 39 anos.

Para o cálculo do BHC foi utilizado o método desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955). Para a execução do BHC foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD), que corresponde geralmente ao valor da maioria das culturas agrícolas utilizada no município em estudo.

A classificação climática foi estimada a partir do método de Thornthwaite (1948), que utiliza os dados de excesso e deficiência hídrica anual obtida

do BHC para encontrar os índices: hídrico (Ih), aridez (Ia) e umidade (Iu), de acordo com as Eq. 1; Eq.2; Eq.3.

$$I_h = \left( \frac{EXC}{ETP} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$I_a = \left( \frac{DEF}{ETP} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$I_u = (I_h - 0,6) \times I_a \quad (3)$$

em que:

EXC - excedente hídrico (mm); ETP - evapotranspiração potencial total (mm); DEF - deficiência hídrica (mm); Ih - índice hídrico (%); Ia - índice de aridez (%); e Iu- índice de umidade (%).

A partir do cálculo do índice de umidade, foi consultada a chave para determinar o tipo climático (Tabela 1), em seguida com os índices de aridez e hídrico determinou-se os sub tipos (Tabela 2). Além disso, o clima foi classificado quanto ao índice térmico, que são definidos com base na evapotranspiração potencial anual, e os subtipos que dependem da razão ETP no verão com a ETP anual (Tabela 3 e 4).

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

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Iu)
A - Super-úmido	$100 \leq I_u$
B4 - Úmido	$80 \leq I_u < 100$
B3 - Úmido	$60 \leq I_u < 80$
B2 - Úmido	$40 \leq I_u < 60$
B1 - Úmido	$20 \leq I_u < 40$
C2 - Sub-úmido	$00 \leq I_u < 20$
C1 - Sub-úmido seco	$-33,33 \leq I_u < 00$
D - Semi-árido	$-66,7 \leq I_u < -33,33$
E - Árido	$-100 \leq I_u < -66,7$

Fonte: Pereira et al. (2007).

**Tabela 2.** Segunda chave- Subtipos climáticos, segundo Thornthwaite, a partir dos índices de aridez e umidade.

Climas úmidos (A, B4, B3, B2, B1 e C2)	Índice de Aridez (Ia)	Climas secos (C1, D e E)	Índice de umidade (Iu)
r - pequena ou nenhuma deficiência de água	0 - 16,7	d - pequeno ou nenhum excesso de água	0 - 10

s – moderada deficiência no verão	16,7 – 33,33	s – moderado excesso de inverno	10-20
w – moderada deficiência no inverno	16,7 – 33,33	w – moderado excesso de verão	10-20
s2 – grande deficiência no verão	> 33,33	s2 – largo excesso de inverno	20
w2 – grande deficiência no inverno	> 33,33	w2 – largo excesso de verão	20

Fonte: Pereira. (2007).

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

Tipo climático	Índice térmico (ETo anual)
A' – megatérmico	$\geq 1.140$
B'4 – mesotérmico	997 – 1.140
B'3 – mesotérmico	855 – 997
B'2 – mesotérmico	712 – 855
B'1 – mesotérmico	570 – 712
C'2 – microtérmico	427 – 570
C'1 – microtérmico	285 – 427
D' – tundra	142 – 285
E' - gelo perpétuo	< 142

Fonte: Pereira et al. (2007).

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

Subtipo climático	Concentração da ETP no verão (%)
a'	< 48%
b'4	48 – 51,9
b'3	51,9 – 56,73
b'2	56,3 – 61,6
b'1	61,6 – 68,0
c'2	68,0 – 76,3
c'1	76,3 – 88,00
d'	> 88,00

Fonte: Pereira et al. (2007).

O início e fim da estação chuvosa foram determinados com base no critério estabelecido por Kassam (1979), conforme as Eq.4; Eq.5.

$$P_i > \frac{ETP_i}{2} = I_i \quad (4)$$

$$P_i < \frac{ETP_i}{2} = F_i \quad (5)$$

em que:

Pi - Precipitação pluviométrica do mês i (mm); ETPi - Evapotranspiração potencial referente ao mês i (mm); li- Início da estação chuvosa e de crescimento; Fi- Fim da estação chuvosa.

Visando avaliar a existência ou não de tendências de aridez foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall a partir da Equação 6 (Mann, 1945; Kendall, 1975) com nível de significância de 5%, a partir dos índices de aridez anual em % (Ia) obtido pela metodologia proposta por

$$S_0 = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{Sign}(x_j - x_k) \quad (6)$$

$$\text{Sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & \text{se } x_j > x_i \\ 0, & \text{se } x_j = x_i \\ -1, & \text{se } x_j < x_i \end{cases} \quad (7)$$

A variável estatística  $S_0$ , para uma série de n dados do teste de Mann-Kendall é calculada a partir da somatória dos sinais (sgn) da diferença, par a par, de todos os valores da série ( $x_i$ ) em relação aos valores que a eles são futuros ( $x_j$ ), expressa nas Eq.

3; Eq. 4.

A média e variância é zero se S tiver uma distribuição normal, sob a hipótese nula ( $H_0$ ) para variável aleatóriadistribuída sem tendências, de acordo com a Eq.7.

$$\text{Var}(S_0) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (7)$$

em que:

n - número de termos; t - número de termos iguais.

A estatística padronizada Z foi calculada pela Equação 8, onde utiliza-se o nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ) para determinar se a hipótese  $H_0$  é rejeitada ou aceita. Um valor positivo de Z indica uma tendência crescente ( $Z > 0$ ) e um valor negativo de Z indica uma tendência decrescente ( $Z < 0$ ), enquanto um valor zero de Z indica nenhuma tendência (Mann, 1945; Kendall, 1975).

Por se tratar de um teste bi-caudal, para rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) é necessário que o valor absoluto de Z, seja superior a  $Z/2$ . Por exemplo para  $\alpha = 5\%$ ,  $Z_{0,05/2} = Z_{0,025} = 1,96$  portanto será considerada que a série tenha uma tendência significativa ao nível de 5% caso  $Z > 1,96$  (Salviano et al., 2016).

$$Z = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S_0)}} & \text{se } S_0 > 0 \\ 0 & \text{se } S_0 = 0 \\ \frac{S_0+1}{\sqrt{\text{var}(S_0)}} & \text{se } S_0 < 0 \end{array} \right\} \quad (8)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no BHC são apresentados na tabela 5, onde verifica a variabilidade anual dos elementos climatológicos médios mensais de entrada, como temperatura (°C) e precipitação (mm), bem como as variáveis climatológicas de

saída, como a evapotranspiração potencial (mm), armazenamento de água no solo (mm), evapotranspiração real (mm), deficiência hídrica (mm) e excedente hídrico (mm).

**Tabela 5.** Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), para o município de Morro do Chapéu – BA, no período de 1962 a 2018.

Meses	T °C	P mm	ETP mm	P-ETP mm	NEG-					
					AC mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF Mm	EXC Mm
Jan	23,97	100,59	118,90	-18,31	271,17	6,64	-1,33	101,92	16,97	0,00
Fev	22,27	102,75	89,15	13,60	159,72	20,25	13,60	89,15	0,00	0,00
Mar	22,28	84,22	95,66	-11,44	171,16	18,06	-2,19	86,41	9,25	0,00
Abr	21,56	66,51	82,98	-16,47	187,63	15,32	-2,74	69,25	13,73	0,00
Mai	20,29	32,64	72,60	-39,96	227,59	10,27	-5,04	37,68	34,91	0,00
Jun	18,83	33,08	58,06	-24,98	252,57	8,00	-2,27	35,35	22,71	0,00
Jul	18,87	27,22	60,83	-33,61	286,18	5,72	-2,28	29,50	31,33	0,00
Ago	18,87	20,43	61,90	-41,47	327,65	3,78	-1,94	22,37	39,53	0,00
Set	18,47	20,17	58,96	-38,79	366,44	2,56	-1,21	21,38	37,58	0,00
Out	21,74	32,66	89,63	-56,97	423,41	1,45	-1,11	33,77	55,86	0,00
Nov	22,01	93,28	94,42	-1,14	424,56	1,43	-0,02	93,30	1,13	0,00
Dez	22,11	105,84	99,37	6,47	253,83	7,90	6,47	99,37	0,00	0,00

---

Totais	251,27	719,39	982,47	263,08	-	101,37	-0,08	719,47	263,00	0,00
Média	20,94	59,95	81,87	-21,92	-	196,10	1,18	59,96	21,92	0,00

---

T: Temperatura média do ar; P: Precipitação; ETP: Evapotranspiração Potencial; NEG-AC: Negativo Acumulado; ARM: Armazenamento de água no solo; ALT: Alteração do armazenamento de água no solo; ETR: Evapotranspiração real; DEF: Deficiência Hídrica e EXC: Excedente Hídrico.

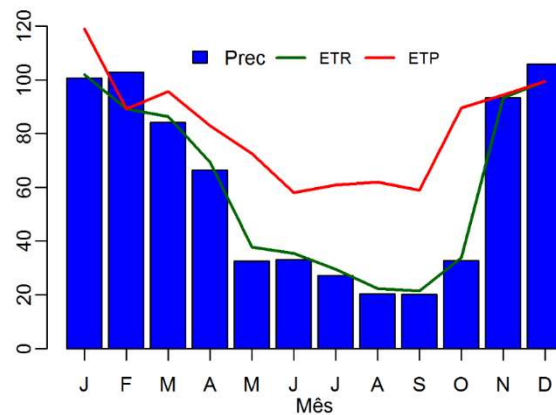
Os meses com a temperatura média mensal mais elevada são janeiro, fevereiro e março, com 23,97, 22,27 e 22,28 °C, respectivamente, e os meses mais frios correspondem junho, julho, agosto e setembro. A temperatura média anual para o município foi de 20,94 °C, evidenciando uma amplitude térmica anual de 5,5 °C. Santos et al. (2018) realizaram o cálculo do BHC e classificação climática para o município de Feira de Santana- BA que está situado na zona intermediária entre o clima úmido do litoral e o semiárido, com altitude de 234m. Esses autores verificaram que a temperatura média mensal mais elevada (27,20 °C) ocorre nos meses de janeiro e fevereiro, e as temperaturas médias mensais mais frias correspondem aos meses de julho (22,4 °C) e agosto (22,5 °C), sendo a temperatura média anual de 25,2°C.

Essa elevada temperatura média do ar no município de Feira de Santana quando comparado a temperatura média de Morro do Chapéu, se deve a altitude, que é quase quatro vezes menor e aos fenômenos da maritimidade e continentalidade, pois Feira de Santana está a 116,4 km da capital do estado da Bahia, a qual localiza-se no litoral. Segundo Francisco et al. (2015) ao estudar a temperatura média anual para o estado da Paraíba, verificou-se que as

temperaturas mais baixas estão concentradas em municípios que possuem altitudes mais elevadas. Segundo Fritzsos et al, (2015), em regiões tropicais e subtropicais a altitude tem uma relação intimamente ligada com a temperatura, a qual diminui com a elevação da altitude numa proporção de, aproximadamente, 1°C/100 m (gradiente adiabático existente quando o ar é seco).

De acordo com a figura 2, constata-se que o município atinge taxas de evapotranspiração potencial expressivas, sendo a taxa anual de ETP total de 982,47 mm, com variações de 58,06 mm no mês de junho a 118,90 mm em janeiro. Nos meses que apresentam temperaturas mais elevadas, as taxas de evapotranspiração potencial são maiores, sendo o pico de maior evapotranspiração no mês de janeiro. Isso ocorre porque o cálculo da evapotranspiração pelo método de Thornthwaite baseia-se na temperatura, assim em períodos de altas temperaturas se observa maior ETP (tabela 1). Verifica-se também que a ETP é maior que a precipitação, com exceção do mês de Fevereiro e Dezembro, fato que contribui para que o BHC dos municípios com clima mais seco na região Nordeste apresentem maior déficit hídrico (Araújo, 2011).



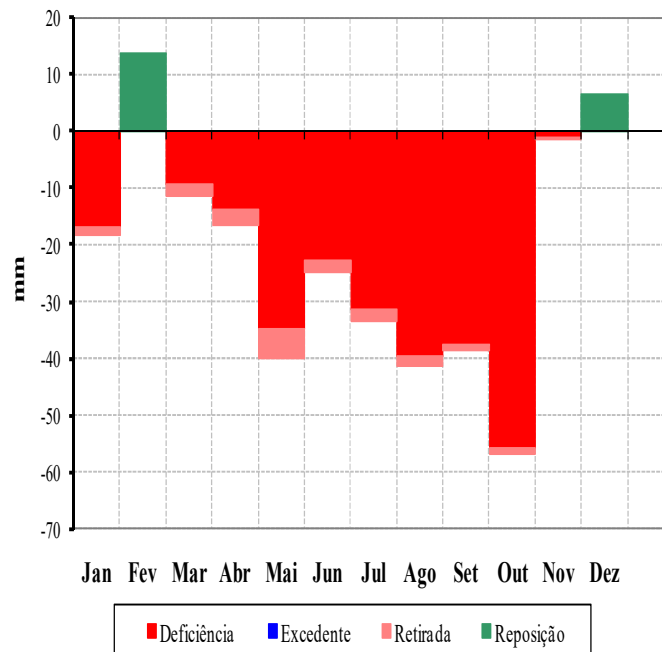


**Figura 2.** Precipitação (Prec), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração de real (ETR) no município de Morro do Chapéu - BA. Método de Thornthwaite e Mather (1955).

Nota-se também que todos os meses, a ETP é maior ou igual à ETR (figura 2) no qual, segundo Cunha et al. (2001), isso se resulta de altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica. No entanto, observa-se que a ETR ( $719,47 \text{ mm anual}^{-1}$ ) é semelhante à precipitação média ( $719,39 \text{ mm anual}^{-1}$ ) em todos os meses, ou seja, a quantidade de entrada de água no sistema é igual à quantidade de água que sai dele. Consequentemente não é possível ocorrer à presença de excedente hídrico, apenas deficiência hídrica e reposição (armazenamento), os quais ocorrem nos meses de dezembro e fevereiro, com um volume variando de 7 a 15 mm, o que indica ter ocorrido devido as chuvas de trovoadas que existe entre estes meses. Esses meses são os períodos em que a precipitação supera

a evapotranspiração potencial (tabela 5; figura 2).

De acordo com o BHC, o município apresenta uma deficiência hídrica anual de 263 mm, sendo esta verificada em 10 dos 12 meses do ano, concentrada nos meses de maio a outubro, que representaram 84,38% ( $221,92 \text{ mm}$ ) da deficiência hídrica anual (figura 3). Segundo Vitorino e Martins (2012) a presença e intensidade do déficit hídrico tende a alterar o sistema fisiológico das plantas, fazendo com que a planta reduza suas atividades metabólicas, consequentemente, diminuindo o crescimento e desenvolvimento dela, cujo efeito é em função do genótipo, duração, severidade e do estágio de desenvolvimento da planta.



**Figura 3.** Balanço Hídrico Climatológico do Município de Morro do Chapéu – BA.

Desta forma, faz-se necessário, ao longo do período de deficiência hídrica no solo, suprir a demanda de água nos cultivos agrícolas com irrigação, para que ocorra o desenvolvimento da agricultura. Outra alternativa é cultivar material genético vegetal que apresente maior tolerância ao déficit hídrico. Segundo Morengo et al. (2011), o semiárido brasileiro apresenta durante o ano mais ou menos 70% de déficit hídrico, fato que corrobora com os resultados do presente trabalho.

Pelos valores de evapotranspiração potencial, excesso e déficit hídrico foi possível realizar a classificação climática por meio do cálculo dos índices de umidade, hídrico e de aridez, e das relações entre o índice de aridez e hídrico e, entre a

evapotranspiração potencial no verão (ETPv) e a evapotranspiração potencial (ETP) total anual.

Considerando a primeira chave de classificação, encontrou-se a tipologia C<sub>1</sub>, visto que o índice de umidade foi de -23,93 %. Em seguida, obteve-se o valor de índice de aridez de 26,76 % que tem como letra aw, referindo-se a moderado excesso hídrica no verão. A terceira chave de classificação, utilizando a evapotranspiração anual de 982,47 mm, encontrou-se a letra B'₃, que determina o clima mesotérmico. E por fim, foi utilizada a quarta chave, em função da evapotranspiração de verão (403,08 mm) pela evapotranspiração anual (982,47 mm) e encontrou-se a letra a' (tabela 6).

**Tabela 6.** Classificação climática do Município de Morro do Chapéu, BA. Método de Thornthwaite (1948).

Ih (%)	Ia (%)	Iu (%)	ETP	ETPv/ETP (%)
0,00	26,76	-23,93	982,47	41,03
-	W	C <sub>1</sub>	B'₃	a'

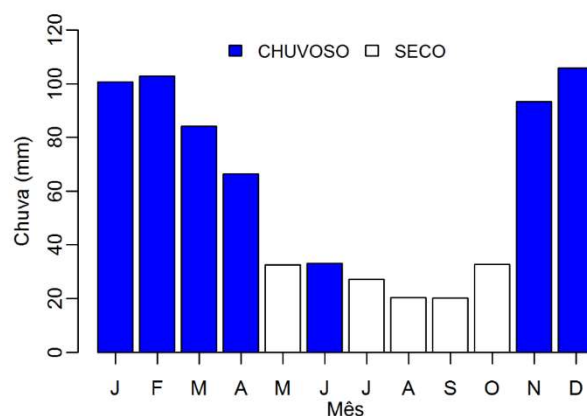
Índices: hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu), relação entre o índice de aridez e hídrico, relação entre a evapotranspiração potencial no verão (ETPv) e a evapotranspiração potencial (ETP) total anual.

Logo, ao analisar todas as chaves de classificação obteve-se o clima C<sub>1</sub>wB'3a' clima sub-úmido seco com moderado excesso hídrico no verão, mesotérmico com concentração de evapotranspiração potencial no verão igual a 41,03% em relação à evapotranspiração anual. Para Silva et al. (2013) o clima no semiárido brasileiro pode ser modificado, devido à grande variabilidade da precipitação de um ano para o que faz com que o estudo climático seja uma ferramenta importante para o planejamento e gestão das atividades agrícolas, aumentando a eficiência do uso da água.

Os meses de maio, julho, agosto, setembro e outubro representaram os meses secos da região, totalizando 32,64, 27,22, 20,43, 20,17 e 32,66 mm de chuva, respectivamente. Enquanto janeiro, fevereiro, março, abril, junho, novembro e

dezembro representam os meses chuvosos, com 81,5 % do total de chuvas. As secas mais severas estão associadas à atuação de anticiclone e à sua penetração pelo continente, de onde se originam os ventos alísios que são responsáveis pela tendência à aridez que caracteriza a região (CPRM, 1995).

A figura 4 ilustra o início da estação chuvosa em base mensal no município de Morro de Chapéu, que corresponde ao primeiro mês em que a precipitação normal é igual ou maior que a metade da evapotranspiração potencial. Observa-se que novembro é o mês que caracteriza o início da estação chuvosa. Já o fim da estação chuvosa, em base mensal, é definida como mês em que a precipitação normal volta a ser igual ou menor que a metade da evapotranspiração potencial, ocorrendo no mês de maio.



**Figura 4.** Início e fim da estação chuvosa no município de Morro do Chapéu, de 1962 a 2018.

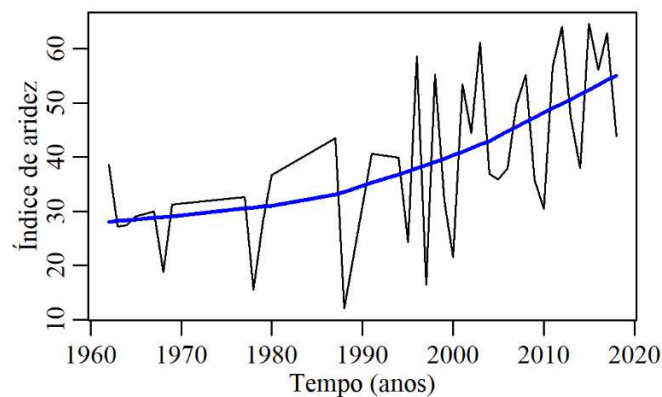
O período seco, com 18,5% do total de chuvas no ano, possui pouca contribuição ao regime pluvial total. Pode-se perceber uma transição entre os meses de

maio e junho, no qual o mês de maio foi considerado seco e o mês de junho chuvoso.

Ao realizar teste de Mann-Kendall (figura 5) no índice de aridez, observa-se valor  $Z = 0,428$  indicando em sequência

cronológica que existe uma tendência positiva para o aumento do índice, cuja tendência possui  $p$ -valor = 0,00013, ou seja, o município de Morro do Chapéu possui uma tendência crescente de aridez. Segundo os autores Santana e Santos (2020) no meio científico fica claro o aumento da frequência de secas na região Nordeste desde o início do século XX e isso

possivelmente está ligado aos impactos da ação humana sobre o meio ambiente local, regional e até global. Estudos na região Nordeste, indicam previsões de clima com riscos de secas intensas no semiárido, devido às reduções de chuva em até 40% e aumento de dias secos consecutivos (Silva et al., 2017).



**Figura 5.** Comportamento do índice de aridez anual ao longo da série avaliada. Linha azul representa a tendência dos dados.

Para Morengo et al. (2011) é notório que no semiárido brasileiro a frequência dos veranicos está se tornando rotineiro, conseqüentemente provoca secas mais

extensas, com período chuvoso muito reduzido ou ausente, que pode levar no futuro a um processo de intensificação da desertificação da região.

## CONCLUSÕES

O método do Balanço hídrico climatológico permitiu identificar 10 meses com deficiência hídrica, sendo o mês de outubro o mais afetado, com 55,86 mm.

A classificação climática para o município ficou descrita como clima  $C_{1s}B'_{3a}$  clima sub-úmido seco com moderada deficiência hídrica no verão, mesotérmico.

O teste de Mann-Kendall mostrou tendências crescentes para o índice de

aridez com significância estatística ao nível de 5%.

As informações aqui apresentadas permitiram conhecer a dinâmica ambiental temporal do município de Morro do Chapéu, o que possibilita elaborar e implementar adequado planejamento agrícola para melhor convivência com sua diversidade e conseqüentemente maior desenvolvimento rural.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

CASTRO, C. N. **A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento**. BRASÍLIA: IPEA, 2012.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/4870>>. Acesso em: 15 de jan. 2020.

CUNHA, G.R.; BARNI, N. A.; HAAS, J. C.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; PARSINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; PIRES, J. L. F. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 446-459, 2001.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08 n. 4, p. 1006-1016, 2015.

FRITZSONS, E.; WREGGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 16, 2016.

HUANG, J.; Sun, S.; XUE, Y.;ZHANG, J. Spatial and temporal variability of precipitation indices during 1961-2010 in Hunan Province, central south China. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 118, n. 3, p. 581-595, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/morro-do-chapeu/panorama>>. Acesso em: fev de 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Clima** [Internet]. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: jan de 2019.

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**, Sergipe, v. 11, n. 5. 2015.

KASSAM, A. H. Multiple cropping rainfed productivity in Africa. Working Paper no 5. **FAO Rome Italy**. p. 88, 1979.

KENDALL, M.G. **Rank correlation methods**, First Edition. ed. C. Griffin, 1975.

LOBÃO, J. S. B.; ROCHA, W. J. S. F.; SILVA, A. B. Geoprocessamento na modelagem da vulnerabilidade natural à erosão no município de morro do chapéu-Ba. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 63, n.1, 2011.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Journal The Econometric Society**. V. 13, p. 245–259, 1945.

MORENGO, A. J.; ALVES, L. M.; BESERRA, A. E.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Instituto Nacional do Semiárido, Campinas Grande-PB, p. 383-416, 2011.

OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos-Mg. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 6, p. 3021–3027, 2018.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço Hídrico Climatológico E Classificação Climática Para O Município De Balsas-Ma. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18 n. 1, p. 83-89, 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba-SP, 2007.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p. 133-137, 1998.

SALES, R. A.; OLIVEIRA, E. C.; LIMA, M. J. A.; GELCER, E. M.; SANTOS, R. A., LIMA, C. F. Ajuste dos coeficientes das equações de estimativa da evapotranspiração de referência para São Mateus, ES. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 154-167, 2018.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.

SANTANA, A. S.; SANTOS, G. R. **Impactos da seca de 2012-2017 na Região Semiárida do Nordeste: notas Sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. Pesquisadora do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea; mestra em economia regional; e doutoranda em economia pela Universidade de Brasília (UnB).**

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. Balanço hídrico e classificação climática de köppen e thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). **Revista Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 33, 2018.

SILVA, A. O.; QUELUZ, J. T. A.; KLAR, A. E. Spatial distribution of climatic water balance in different rainfall regimes in the State of Pernambuco. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 7-19, 2013.

SILVA, C. B; OLIVEIRA, L. F. C. Relação Intensidade-Duração-Frequência de Chuvas Extremas na Região Nordeste do Brasil. v. 20, n. 13, **Revista Brasileira de Climatologia**, 2017.

TUBELIS, A; NASCIMENTO, F. J. L. Meteorologia Descritiva. **Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. São Paulo SP: 1o ed. Livraria Nobel S/A p. 374, 1983.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**. v. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in climatology**. Laboratory of Climatology, New Jersey, v. 8, p. 104, 1955.