

Programa computacional BHCN&CCTK: balanço hídrico climatológico normal e classificação climática de Thornthwaite e Köppen

Computer program BHCN&CCTK: normal climatological water balance and Thornthwaite and Köppen climate classification

DOI: 10.34117/bjdv8n5-206

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

José Sebastião Costa de Sousa

Doutor em Engenharia Agrícola – Área de concentração: Irrigação e Drenagem
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão
Pernambucano – IFSertãoPE / Campus Petrolina Zona Rural
Endereço: Rodovia PE 647, Km 22, PISNC N - 4, Zona Rural, CEP:56.302-970
Petrolina-PE

E-mail: sebastiao.costa@ifsertaope.edu.br

Marcos Eric Barbosa Brito

Doutor em Engenharia Agrícola – Área de concentração: Irrigação e Drenagem
Instituição: Universidade Federal de Sergipe – UFS / Campus do Sertão
Endereço: Rodovia Engenheiro Jorge Neto, Km 3, CEP 49.680-000, Nossa Senhora da
Glória-SE

E-mail: marcoseric@academico.ufs.br

RESUMO

Os recursos computacionais contemporâneos têm oferecido possibilidades de programação e avanços nas mais diversas áreas da ciência. No tocante a agrometeorologia, estes artifícios têm melhorado e facilitado à interpretação de inúmeros fenômenos naturais, a apontar, o balanço hídrico e as classificações do clima, que são de extrema importância científica e prática. Porém, até o presente desconhecem-se aplicativos que integre estes dois fenômenos numa única compilação de dados. Assim objetivou-se com este trabalho, apresentar e validar o programa “Balanço Hídrico Climatológico Normal e Classificação Climática de Thornthwaite e Köppen - BHCN&CCTK”; que foi desenvolvido em planilhas eletrônicas do Excel®, escrito em língua portuguesa, têm como dados de entradas, temperatura, precipitação e evapotranspiração de referência, e permite determinar simultaneamente, o balanço hídrico climatológico normal de Thornthwaite, as classificações climáticas de Thornthwaite e Köppen e gerar imagens do comportamento climático da região em estudo. Para validá-lo, usaram-se dados da literatura científica de diversas localidades e climas, de modo que se pode constatar que o ‘BHCN&CCTK’ apresenta balanços hídricos e classificações climáticas coerentes aos resultados literários e metodologias usadas e, que, os recursos gráficos do programa permitem melhor interpretação dos fenômenos climáticos em análise.

Palavras-chave: agrometeorologia, aplicativo, excel, planilhas eletrônicas, evapotranspiração.

ABSTRACT

Contemporary computational resources have offered possibilities for programming and advances in the most diverse areas of science. With regard to agrometeorology, these devices have improved and facilitated the interpretation of innumerable natural phenomena, namely, the water balance and the climate classifications, which are of extreme scientific and practical importance. However, until now, applications that integrate these two phenomena in a single compilation of data are unknown. Thus, the aim of this work was to present and validate the program “Normal Climatological Water Balance and Thornthwaite and Köppen Climate Classification - BHCN&CCTK”; which was developed in Excel® spreadsheets, written in Portuguese, have input data, temperature, precipitation and evapotranspiration as reference, and allows to simultaneously determine the normal climatic water balance of Thornthwaite, the climatic classifications of Thornthwaite and Köppen and generate images of the climatic behavior of the region under study. To validate it, data from the scientific literature from different locations and climates were used, so that it can be seen that the 'BHCN&CCTK' presents water balances and climatic classifications consistent with the literary results and methodologies used, and that the graphic resources of the program allow a better interpretation of the climatic phenomena under analysis.

Keywords: agrometeorology, application, excel, spreadsheets, evapotranspiration.

1 INTRODUÇÃO

O estudo do clima tem sido objeto de pesquisa desde os primórdios da humanidade (VIANELLO; ALVES, 2012). E no passar dos anos muitas foram às metodologias utilizadas para classificá-lo, sendo que ultimamente, as mais empregadas são as de Köppen (KÖPPEN, 1936) e Thornthwaite (THORNTHWAITE 1948; THORNTHWAITE; MATHER, 1955).

A classificação climática de Köppen tem mais de um século de existência, é mundialmente a mais conhecida, baseia-se apenas em dados de temperatura e de precipitação e comporta mais de três dezenas de tipos climáticos com diversas extensões (PEEL et al., 2007; ALVARES et al., 2013; PASSOS et al.; 2018).

Já a classificação de Thornthwaite, envolve as variáveis climatológicas, precipitação, evapotranspiração potencial (evapotranspiração de referência na definição recente) e evapotranspiração real, também o balanço hídrico climatológico normal e índices advindos deste. Teve sua primeira versão publicação no final dos anos 40 e, em menos de uma década depois, foi apresentada na forma definitiva, utilizada até o presente; envolvendo 36 tipos e subtipos climáticos (VIANELLO; ALVES, 2012; RIBEIRO; SOUZA, 2018).

As principais modificações realizadas na metodologia de Thornthwaite ocorreram no cálculo do índice de umidade e nos limites de classificação dos tipos climáticos 'C1' (clima Microtérico), 'D' (clima de Tundra) e 'E' (clima Árido). Na primeira versão (THORNTHWAITE, 1948) a relação entre a umidade do solo e a evapotranspiração real da cultura era linear, usava-se 60% do índice de aridez na determinação do índice de umidade e os limites dos tipos climáticos "C1", "D" e "E" correspondiam a -20, -40 e -60, respectivamente. Na segunda versão, ajustada por Mather (THORNTHWAITE; MATHER, 1955), a relação entre a evapotranspiração real e a umidade do solo passou a ser exponencial, o índice de aridez foi considerado integralmente (100%) no cálculo do índice de umidade e os limites dos tipos climáticos citados foram ampliados para -33,3, -66,7 e -100, respectivamente (VIANELLO; ALVES, 2012).

Observa-se, porém, que tais modificações não são totalmente acatadas, existindo, por exemplo, um grupo de autores que adota a primeira versão da metodologia, a citar Ometto (1981), Pereira et al. (2002) e Francisco et al. (2015), e outro que usa parte de ambas, Cunha e Martins (2009), Souza et al. (2013), Santos et al. (2018a), Saraiva et al. (2018), Holanda e Medeiros (2019), Medeiros e Holanda (2019) e Oliveira (2019). Isto tem gerado classificações diferentes para uma mesma localidade.

As metodologias de Thornthwaite e de Köppen, com suas particularidades, oferecem informações indispensáveis para diversas aplicações como os zoneamentos agrícolas, ambiência humana e animal etc., todavia, envolvem extensa e complexa série de cálculos e testes lógicos, que dificulta a sua aplicabilidade manual. Mas, o uso de artifícios computacionais tem facilitado o emprego destas e oferecido benefícios extras como análises gráficas. Planilhas eletrônicas editadas para realização do balanço hídrico climatológico normal e sequencial da cultura, descritas por Rolin et al. (1998) e o aplicativo SISDAGRO do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), que disponibiliza diretórios para balanço hídrico automático por estação meteorológica, são exemplos destes artifícios.

Desconhecem-se programas computacionais que ofereçam a possibilidade de realização conjunta do balanço hídrico climatológico normal e da classificação climática pelas metodologias de Thornthwaite e de Köppen no mesmo processamento de dados.

Assim, objetivou-se, com este trabalho, apresentar e validar uma ferramenta prática para realizar em um único comando o balanço hídrico climatológico normal e as classificações climáticas supracitadas.

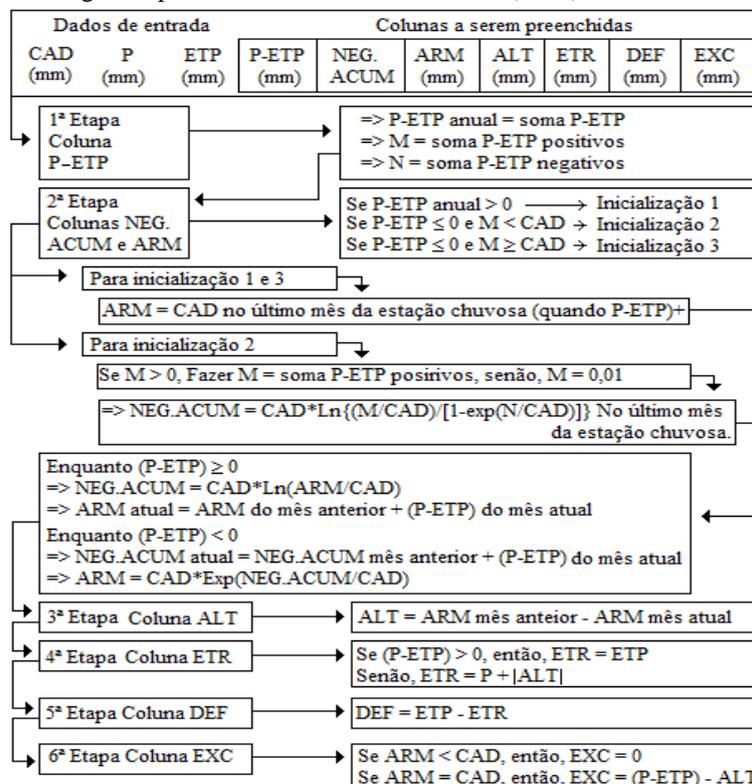
2 MATERIAL E MÉTODOS

O programa proposto foi elaborado em ambiente Excel, sem uso de macros ou programação Basic. Com banco de dados climáticos obtidos a partir do INMET para a normal climatológica de 1981-2010 (INMET, 2020) e de trabalhos científicos especializados.

Na confecção do programa, usaram-se as metodologias de Köppen (1936) e de Thornthwaite e Mather (1955), conforme apresentadas por Peel et al. (2007) e Alvares et al. (2013), e, Pereira et al. (2002) e Vianello e Alves (2012), respectivamente.

A aplicação da metodologia de Thornthwaite foi realizada em dois compêndios, o primeiro, correspondente a determinação do balanço hídrico climatológico normal, envolveu os procedimentos descritos na Figura 1. E no segundo, classificação climática, foram adotadas as equações 1, 2 e 3, que descrevem o índice de aridez (Ia), o índice hídrico (Ih) e o índice de umidade (Iu), respectivamente, e os critérios estabelecidos nas Tabelas 1 e 2.

Figura 1. Representação esquemática dos procedimentos de cálculo do balanço hídrico climatológico normal usando metodologia adaptada de Thornthwaite e Mather (1955) e Pereira et al. (2002).



Em que: ALT – alteração do armazenamento; ARM – armazenamento; CAD – capacidade de água disponível; DEF – deficiência hídrica; ETP – evapotranspiração potencial (ou de referência); ETR – evapotranspiração real; EXC – excedente hídrico; exp – base do logaritmo neperiano (2,71828...); Ln – logaritmo neperiano; NEG.ACUM – negativo acumulado; P – precipitação.

Fonte: Adaptada de Thornthwaite e Mather (1955) e Pereira et al. (2002).

$$Ia = 100 \cdot DEF / ETP \quad (1)$$

$$Ih = 100 \cdot EXC / ETP \quad (2)$$

$$Iu = Ih - Ia \quad (3)$$

Em que: DEF – deficiência hídrica anual, mm; ETP – evapotranspiração potencial (de referência) anual, mm; EXC – excedente hídrico anual, mm; Ia – índice de aridez, %; Ih – índice hídrico, %; Iu – índice de umidade, %.

Tabela 1. Tipos e subtipos climáticos de Thornthwaite segundo índice de umidade.

TIPO DE CLIMA	CRITÉRIO	SUBTIPO PARA CLIMA A, B ou C2	CRITÉRIO
A Superúmido	$Iu \geq 100$	r Sem ou com pequena deficiência hídrica	$0 \leq Ia < 16,7$
B4 Úmido	$80 \leq Iu < 100$	s Deficiência hídrica moderada no verão	$16,7 \leq Ia < 33,3$
B3 Úmido	$60 \leq Iu < 80$	w Deficiência hídrica moderada no inverno	$16,7 \leq Ia < 33,3$
B2 Úmido	$40 \leq Iu < 60$	s2 Grande deficiência hídrica no verão	$Ia \geq 33,3$
B1 Úmido	$20 \leq Iu < 40$	w2 Grande deficiência hídrica no inverno	$Ia \geq 33,3$
C2 Subúmido	$0 \leq Iu < 20$	SUBTIPO PARA CLIMA C1, D ou E	
C1 Subúmido seco	$-33,3 \leq Iu < 0$	d Excedente hídrico pequeno ou nulo	$0 \leq Ih < 10$
D Semiárido	$-66,7 \leq Iu < -33,3$	s Excedente hídrico moderado no verão	$10 \leq Ih < 20$
E Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$	w Excedente hídrico moderado no inverno	$10 \leq Ih < 20$
		s2 Grande excedente hídrico no verão	$Ih \geq 20$
		w2 Grande excedente hídrico no inverno	$Ih \geq 20$

Em que: Ia – índice de aridez, %; Ih – índice hídrico, %; Iu – índice de umidade, %.

Fonte: Vianello e Alves (2012).

Tabela 2. Tipos e subtipos climáticos de Thornthwaite segundo índice térmico.

TIPO DE CLIMA	CRITÉRIO	SUBTIPO	CRITÉRIO
A' Megatérmico	$ETP \geq 1140$	a'	$ETV < 48,0$
B'4 Mesotérmico	$1140 > ETP \geq 997$	b'4	$48,0 \leq ETV < 51,9$
B'3 Mesotérmico	$997 > ETP \geq 885$	b'3	$51,9 \leq ETV < 56,3$
B'2 Mesotérmico	$885 > ETP \geq 712$	b'2	$56,3 \leq ETV < 61,6$
B'1 Mesotérmico	$712 > ETP \geq 570$	b'1	$61,6 \leq ETV < 68,0$
C'2 Microtérmico	$570 > ETP \geq 427$	c'2	$68,0 \leq ETV < 76,3$
C'1 Microtérmico	$427 > ETP \geq 285$	c'1	$76,3 \leq ETV < 88,0$
D' Tundra	$285 > ETP \geq 142$	d'	$ETV \geq 88,0$
E' Gelo perpétuo	$ETP < 142$		

Em que: $ETV = (ETP \text{ no verão} / ETP \text{ anual}) \cdot 100$; $ETP \text{ no verão} = ETP (\text{Jan} + \text{Fev} + \text{Mar})$.

Fonte: Adaptado de Vianello e Alves (2012).

Para a classificação climática de Köppen, adotaram-se os critérios da Tabela 3, procedendo-se a distinção dos tipos climáticos “A” (Tropical) e “B” (Seco) a partir da determinação da precipitação limite (P_{LIM}) considerando que, quando as precipitações ocorridas no verão correspondessem a 70%, ou mais, das precipitações anuais, a P_{LIM} seria obtida a partir da Equação 4; já na situação em que 70%, ou mais, das precipitações anuais vierem a ocorrer no inverno, a Equação 5 seria usada, e nas demais situações a Equação 6. Ressalta-se que no cálculo do percentual de precipitação, arredondou-se o resultado para a dezena mais próxima, ou seja, 0, 10, ..., 90 ou 100%.

$$P_{LIM} = 2 * T_{MA} + 28 \quad (\text{Para } P_{VER} \geq 70\% \text{ da } P_{ANU}) \quad (4)$$

$$P_{LIM} = 2 * T_{MA} \quad (\text{Para } P_{INV} \geq 70\% \text{ da } P_{ANU}) \quad (5)$$

$$P_{LIM} = 2 * T_{MA} + 14 \quad (\text{Para } P_{VER} \text{ e } P_{INV} < 70\% \text{ da } P_{ANU}) \quad (6)$$

Em que: P_{ANU} – precipitação anual, cm; P_{INV} – precipitações de inverno do modelo (somatório das precipitações ocorridas entre os meses de abril a setembro para o hemisfério sul, e outubro a março para o hemisfério norte), cm; P_{LIM} – precipitação limite, cm; P_{VER} – precipitações de verão do modelo (somatório das precipitações ocorridas entre os meses de outubro a março para o hemisfério sul e de abril a setembro para o hemisfério norte), cm; T_{MA} – temperatura média anual do ar, °C.

Na definição dos parâmetros $P_{Min Inv.}$ (precipitações mínimas decorridas no inverno) e $P_{Min Ver.}$ (precipitações mínimas decorridas no verão), considerou-se o inverno e o verão do modelo (intervalos de seis meses) quando a diferença entre estes era superior a 5%, nos outros casos, adotou-se o verão e o inverno real (três meses).

A partir desta base de cálculos, gerou-se o programa em quatro diretórios correspondentes a partes específicas do mesmo, a contento, tela principal do programa, dados extra, banco de dados e planilha especial.

A validação do programa foi feita simulando-se balanços hídricos e classificações climáticas a partir de dados da literatura científica, procedendo-se em seguida, comparação dos resultados de forma analítica e gráfica.

Tabela 3. Critérios adotados para classificação climatológica de Köppen.

1 ^a	2 ^a	3 ^a	Descrição	Critério
A				
			Tropical	$T_{MMF} \geq 18\text{ °C}$ e $P_{ANU} \geq 10 * P_{LIM}$
	f		Floresta tropical	$P_{MMS} \geq 60\text{ mm}$
	m		Monção	$P_{MMS} < 60\text{ mm}$ e $P_{MMS} \geq 100 - P_{ANU} / 25$
	w		Savana com inverno seco	$P_{MMS} < 60\text{ mm}$; $P_{MMS} < 100 - P_{ANU} / 25$ e $P_{Min\ Inv.}$
	s		Savana com verão seco	$P_{MMS} < 60\text{ mm}$; $P_{MMS} < 100 - P_{ANU} / 25$ e $P_{Min\ Ver.}$
B				
			Seco	$P_{ANU} < 10 * P_{LIM}$
	W		Árido	$P_{ANU} < 5 * P_{LIM}$
	S		Semiárido	$5 * P_{LIM} \leq P_{ANU} < 10 * P_{LIM}$
		h	Quente	$T_{MA} \geq 18\text{ °C}$
		k	Frio	$T_{MA} < 18\text{ °C}$
C				
			Subtropical úmido	$T_{MMQ} > 10\text{ °C}$ e $0 < T_{MMF} \leq 18\text{ °C}$
	s		Verão seco	$P_{MMSV} < 40\text{ mm}$ e $P_{MMSV} < P_{MMUI} / 3$
	w		Inverno seco	$P_{MMSI} < P_{MMUV} / 10$
	f		Sem estação seca	Não se enquadra nas anteriores
		a	Verão quente	$T_{MMQ} \geq 22\text{ °C}$
		b	Verão temperado	$T_{MMQ} < 22\text{ °C}$ e $N_{MTM10} \geq 4$
		c	Verão curto e frio	$T_{MMQ} < 22\text{ °C}$ e $N_{MTM10} < 4$
D				
			Continental temperado	$T_{MMQ} > 10\text{ °C}$ e $0 < T_{MMF} \leq 0\text{ °C}$
	s		Verão seco	$P_{MMSV} < 40\text{ mm}$ e $P_{MMSV} < P_{MMUI} / 3$
	w		Inverno seco	$P_{MMSI} < P_{MMUV} / 10$
	f		Sem estação seca	Não se enquadra nas anteriores
		a	Verão quente	$T_{MMQ} \geq 22\text{ °C}$
		b	Verão temperado	$T_{MMQ} < 22\text{ °C}$ e $N_{MTM10} \geq 4$
		c	Verão frio	$T_{MMQ} < 22\text{ °C}$; $N_{MTM10} < 4$ e $T_{MMF} \geq -38\text{ °C}$
		d	Inverno muito frio	$T_{MMQ} < 22\text{ °C}$; $N_{MTM10} < 4$ e $T_{MMF} < -38\text{ °C}$
E				
			Polar	$T_{MMQ} < 10\text{ °C}$
	T		Tundra	$T_{MMQ} > 0\text{ °C}$
	F		Gelado	$T_{MMQ} \leq 0\text{ °C}$

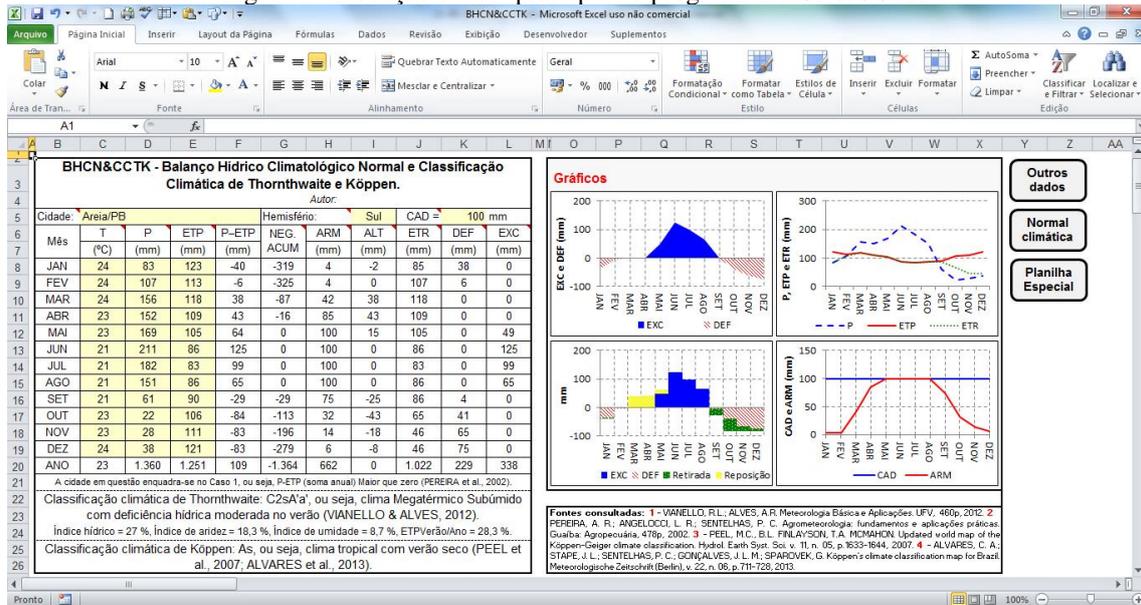
Em que: 1^a, 2^a e 3^a – correspondentes respectivamente a, primeira (grupo), segunda (tipo) e terceira letra (subtipo climático) da classificação de Köppen; N_{MTM10} – número de meses do ano com temperatura maior que 10 °C; P_{ANU} – precipitação anual, mm; P_{LIM} – precipitação limite (equações 4 a 6), mm; $P_{Min\ Inv.}$ – precipitações mínimas decorridas no inverno, mm; $P_{Min\ Ver.}$ – precipitações mínimas decorridas no verão, mm; P_{MMS} – precipitação do mês mais seco, mm; P_{MMSV} – precipitação do mês mais seco do verão, mm; P_{MMSI} – Precipitação do mês mais seco do inverno, mm; P_{MMUI} – precipitação do mês mais úmido do inverno, mm; P_{MMUV} – precipitação do mês mais úmido do verão, mm; T_{MA} – temperatura média anual, °C; T_{MMF} – temperatura do mês mais frio, °C; T_{MMQ} – temperatura do mês mais quente, °C.

Fonte: Adaptado de Peel et al. (2007) e Alvares et al. (2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa desenvolvido, intitulado “BHCN&CCTK - Balanço Hídrico Climatológico Normal e Classificação Climática de Thornthwaite e Köppen”, é aberto em uma tela principal (Figura 2), conjugando campos de preenchimento (células sombreadas de amarelo) e resultados.

Figura 2. Ilustração da tela principal do programa BHCN&CCTK.



Nota: Os triângulos vermelhos, no canto superior direito das células guia, indicam existência de comentários (descrição das variáveis).

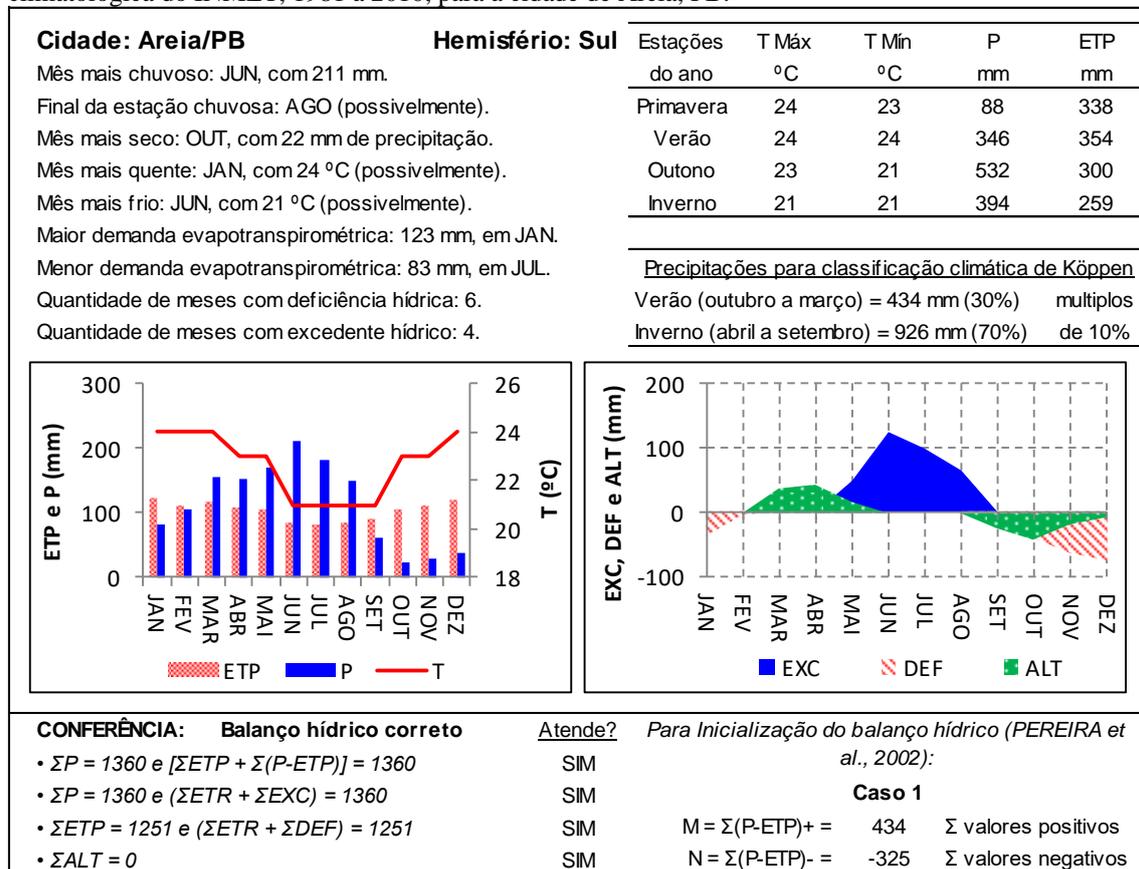
Enfatiza-se que os resultados são gerados, automático e simultaneamente ao preenchimento dos dados, em formato numérico (na própria tabela do balanço hídrico e em mensagens de texto) e gráfico (regimes hídricos e de armazenamento de água no solo), Figura 2. As mensagens de texto citadas destinam-se a apresentação das classificações climáticas e do processo de inicialização do balanço hídrico (que é de vital importância acadêmica). E ainda nesta tela, são exibidas as principais fontes bibliográficas utilizadas na elaboração do programa e no canto superior direito, três ícones hiperlinkados, denominados “Outros dados”, “Normal climática” e “Planilha Especial”, que direcionam o usuário aos demais diretórios do programa.

Clicando no ícone “Outros dados”, o usuário será conduzido a uma segunda tela (Figura 3), contendo dados de destaque pluviométrico, térmico e evapotranspirométrico local, bem como gráficos e maiores detalhes da obtenção do balanço hídrico.

Na Figura 3 os dados apresentados para as estações do ano são referentes a médias ou somatórios das variáveis climáticas para os intervalos de janeiro a março, abril a junho, julho a setembro e outubro a dezembro, respectivamente as estações do verão (inverno), outono (primavera), inverno (verão) e primavera (outono), para o hemisfério sul (hemisfério norte); enquanto as precipitações no verão e no inverno para seis meses de dados correspondem a conotação metodológica de diferenciação dos tipos climáticos “A” e “B” de Köppen.

Assim, para a cidade de Areia/PB, com dados do INMET de 1981 a 2010, constata-se que as maiores precipitações ocorrem no outono, estendendo-se para o inverno, a primavera é a estação mais seca do ano e o verão a mais quente e a de maior demanda evapotranspirométrica (com aproximadamente 100 mm de diferença em comparação a estação do inverno). E ainda que houve deficiência hídrica em seis meses do ano, o pico pluviométrico ocorre no mês de junho e que, possivelmente, a estação chuvosa finda no mês de agosto (Figura 3). O termo “possivelmente” foi introduzido no texto por existir situações em que a duração da estação chuvosa é dúbia, no entanto, com auxílio gráfico disponibilizado nesta mesma tela, é fatível defini-la adequadamente.

Figura 3. Ilustração da segunda tela do programa, “Outros dados”, com resultados oriundos da normal climatológica do INMET, 1981 a 2010, para a cidade de Areia, PB.



A terceira tela do programa, banco de dados (Figura 4), é acionada ao clique-se no ícone “Normal climática”. Nesta são disponibilizadas informações mensais, totais ou parciais, de temperatura média do ar (T), precipitação (P) e evapotranspiração potencial ou de referência (ETP) para a normal climatológica de 1981 a 2010 do INMET (INMET, 2020).

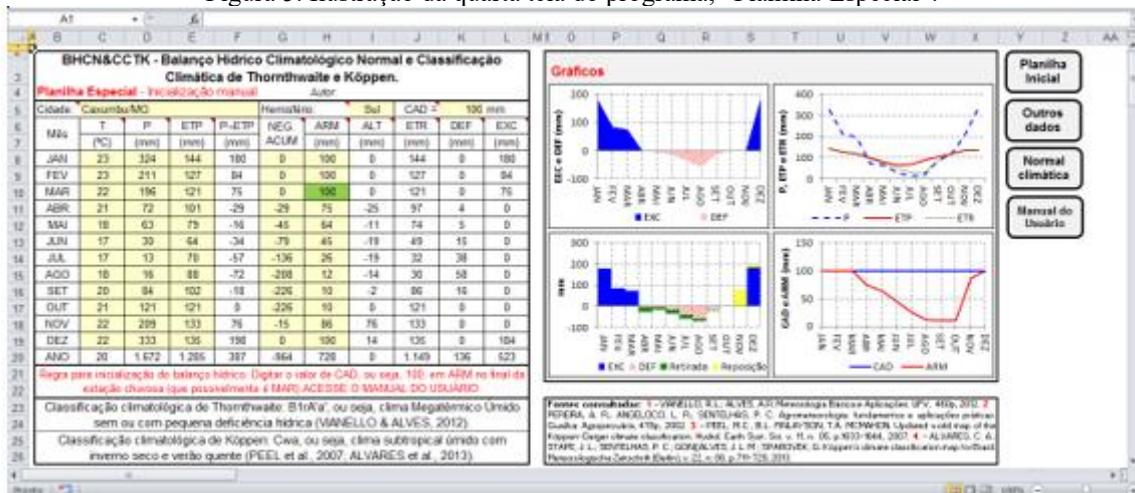
Figura 4. Ilustração do banco de dados do programa referente ao ícone “Normal climática”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Normal Climatológica - INMET (1981-2010)															
2	Forma de usar: escolha a cidade, seleccione os dados de T, P e ETP, copie, e na planilha do balanço, cole como transpor dados.															
3	Voltar a planilha especial															
3	Código	Nome da Estação	UF	Variável	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
589	82696	AREIA	PB	PB	24	24	24	23	23	21	21	21	21	23	23	24
590	82696	AREIA	PB	PB	83	107	156	152	169	211	182	151	61	22	28	38
591	82696	AREIA	ETP	PB	123	113	118	109	105	86	83	86	90	106	111	121
592	82795	CAMPINA GRANDE	T	PB	25	25	25	24	23	22	22	22	23	24	24	25
593	82795	CAMPINA GRANDE	P	PB	46	63	107	89	102	124	97	80	30	13	12	15
594	82795	CAMPINA GRANDE	ETP	PB	133	120	129	118	114	92	87	89	98	114	120	131
595	82798	JOAO PESSOA	T	PB	28	28	28	28	27	26	25	25	26	27	27	28
596	82798	JOAO PESSOA	P	PB	74	105	194	280	284	355	302	156	69	33	27	34
597	82798	JOAO PESSOA	ETP	PB	188	176	193	179	167	140	131	135	147	165	169	186
598	82792	MONTEIRO	T	PB	26	26	25	25	24	22	22	22	24	25	26	26
599	82792	MONTEIRO	P	PB	59	84	113	96	114	48	36	19	8	22	16	38
600	82792	MONTEIRO	ETP	PB	163	143	150	132	121	96	94	105	128	147	150	164
601	82791	PATOS	T	PB	29	28	27	27	27	26	26	27	28	29	29	29
602	82791	PATOS	P	PB	116	128	210	127	82	29	10	8	1	7	7	41
603	82791	PATOS	ETP	PB	247	207	215	180	179	151	150	165	186	218	231	252
604	82689	SAO GONCALO	T	PB	27	26	26	26	25	26	27	28	28	28	28	28
605	82689	SAO GONCALO	P	PB	163	164	253	181	124	38	21	11	2	10	12	71
606	82689	SAO GONCALO	ETP	PB	214	163	172	146	144	132	151	173	198	217	221	233

Na parte central superior da tela (Figura 4), existem orientações de como usar de forma eficiente as informações apresentadas (processo de transcrição de dados entre telas), e nos cabeçalhos da tabela de dados, existem filtros que ajudam na localização das cidades e, ou, estações meteorológicas. Enfatiza-se, que o uso do programa é irrestrito a fonte de coleta ou tipo de dados pretendidos, sendo facultativo o uso deste banco de dados.

A “Planilha especial”, quarta tela do programa (Figura 5), por conter maior quantidade de campos de preenchimento, admite inicialização do balanço hídrico pelo próprio usuário (particularidade esta que a diferencia da tela principal). Para utilizá-la é necessário que primeiramente às células das colunas T, P e ETP sejam preenchidas e em seguida uma célula das colunas NEG.ACUM (negativo acumulado) ou ARM (armazenamento) seja informada; ao fazê-lo os resultados serão condicionados a tal informação. O usuário pode se basear ou acatar a recomendação emitida pelo programa, mensagem de texto exposta logo abaixo da tabela de dados do balanço hídrico, ou nas recomendações do “Manual do Usuário”.

Figura 5. Ilustração da quarta tela do programa, “Planilha Especial”.



Para o perfeito funcionamento da “Planilha Especial” é necessário que as células das colunas NEG.ACUM e ARM, com exceção da célula informada, recebam comandos de cálculo; isto podendo ser feito com “arraste” de células os contêm. Também se recomenda que a célula informada nestas colunas seja destacada (sugestão de sombreá-la de verde). Por exemplo, perceba-se que a célula H10 (ARM do mês de março), Figura 5, encontra-se sombreada de verde, sinalizando que foi a célula preenchida para inicialização do balanço hídrico, e que não contém fórmula embutida. Nas próximas utilizações da planilha, células vizinhas a esta devem ser arrastadas (ou copiadas e coladas sobre esta) para muni-la de comando de cálculos.

Por fim destacam-se o possível surgimento momentâneo de aviso de “referência circular” ao início do preenchimento de dados da “Planilha Especial” (que desaparecerá automaticamente ao término do preenchimento) e também, de igual forma que na planilha principal do programa, há possibilidade de acessar dados extras a partir do ícone “Outros Dados” (comandos e informações são os mesmos já apresentados).

Das simulações feita com os dados de Souza et al. (2013) para a cidade de Gleba Celeste/MT, observou-se que os resultados do balanço hídrico obtidos com o programa BHCN&CCTK foram similares aos dos autores (Figura 6). Já na classificação climática de Thornthwaite ocorreram diferenças no valor do índice de umidade (Iu), 57,32% (autores) e 48,8% (BHCN&CCTK), correspondentes à aplicação, respectivamente, de 60 e 100% do índice de aridez (Ia), no cálculo do Iu. Todavia, como os valores 57,32% e 48,8% pertencem ao mesmo intervalo de tipo climático (Tabela 1), a classificação final não diferiu.

Figura 6. Extrato do balanço hídrico climatológico normal e classificações climáticas de para a cidade, ou estação meteorológica, de Gleba Celeste/MT, Brasil, gerada pelo BHCN&CCTK (lado esquerdo) e Souza et al. (2013) editado (lado direito).

BHCN&CCTK - Balanço Hídrico Climatológico Normal e Classificação Climática de Thornthwaite e Köppen.										
Autor:										
Cidade	Gleba Celeste/MT				Hemisfério: Sul			CAD = 100 mm		
Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG. ACUM	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
JAN	25	311	121	190	0	100	0	121	0	190
FEV	25	348	107	241	0	100	0	107	0	241
MAR	25	288	119	169	0	100	0	119	0	169
ABR	25	121	114	6	0	100	0	114	0	6
MAI	24	26	104	-78	-78	46	-54	80	24	0
JUN	23	8	84	-76	-154	22	-24	32	52	0
JUL	23	5	84	-79	-233	10	-12	17	67	0
AGO	24	10	100	-91	-324	4	-6	16	85	0
SET	25	60	118	-58	-382	2	-2	62	56	0
OUT	26	182	131	51	-63	53	51	131	0	0
NOV	25	271	122	149	0	100	47	122	0	102
DEZ	25	345	122	222	0	100	0	122	0	222
ANO	25	1.974	1.327	647	-1.233	737	0	1.043	284	931

Mês	P	ETP	P-ETP	ALT	ETR	DEF	EXC
J	310,85	120,92	189,94	0	120,92	0	189,9
F	348,39	107,13	241,26	0	107,13	0	241,3
M	288,19	118,95	169,24	0	118,95	0	169,2
A	120,75	114,33	6,41	0	114,33	0	6,4
M	25,90	103,82	-77,92	-54,1	80,02	23,8	0
J	7,99	83,66	-75,67	-24,4	32,34	51,3	0
J	4,88	84,11	-79,23	-11,8	16,66	67,5	0
A	9,50	100,45	-90,95	-5,8	15,32	85,1	0
S	60,21	118,40	-58,19	-1,7	61,94	56,5	0
O	182,23	131,02	51,20	51,2	131,02	0	0
N	271,04	122,30	148,73	46,6	122,30	0	102,1
D	344,54	122,17	222,37	0	122,17	0	222,4
Anual	1974,47	1327,29	647,18	0	1043,13	284,2	931,3

Estação	Ih	Ia	Iu	Classe climática
Cáceres	5,34	30,7	-13,13	C ₀ wA'a'
Canarana	52,72	25,2	37,59	B ₂ wA'a'
Cuiabá	8,08	21,5	-4,85	C ₁ dA'a'
Diamantino	42,99	12,7	35,34	B ₁ rA'a'
Gleba Celeste	70,17	21,4	57,32	B ₂ wA'a'

A cidade em questão enquadra-se no Caso 1, ou seja, P-ETP (soma anual) maior que zero (PEREIRA et al., 2002).
Classificação climática de Thornthwaite: B₂wA'a', ou seja, clima Megatérmico Úmido com deficiência hídrica moderada no inverno (VIANELLO & ALVES, 2012).
Índice hídrico = 70,2 %, índice de aridez = 21,4 %, índice de umidade = 48,8 %, ETP/Verde/Ano = 26,1 %.
Classificação climática de Köppen: Aw, ou seja, clima tropical com inverno seco (PEEL et al., 2007; ALVARES et al., 2013).

O mesmo foi verificado para Botucatu/SP, São Manuel/SP, Monteiro/PB e Balsas/MA (Tabela 4). Por outro lado, ao aplicar os dados das estações de Cáceres/MT, Poxoréu/MT, São José do Rio Claro/MT e São Vicente/MT foi notado que as variações no valor do índice de umidade alteraram as classificações propostas por Souza et al. (2013).

As diferenças observadas para a cidade de Cáceres/MT na classificação de Thornthwaite (Tabela 4), aponta-se que as mesmas ocorreram somente nos subtipos climáticos “w” e “d”, (C1wA’a’ para Sousa et al., 2013 e C1dA’a’ para o programa proposto). Contudo, estes subtipos, quando antecedidos por “C1”, representam a existência de “excedente hídrico moderado no inverno” e “excedente hídrico pequeno ou nulo”, respectivamente (Vianello e Alves, 2012). Tomando-se, portanto, destas definições e analisando-se graficamente o balanço hídrico da localidade (Figura 7), percebe-se que o subtipo “w” não se aplica ao caso em questão (o inverno local apresenta deficiência e não excedente hídrico), contrapondo-se com a classificação feita pelos autores. O equívoco pode ter ocorrido ao tomar-se a classificação do subtipo climático em função do índice de aridez e não do índice hídrico.

Tabela 4. Classificações climáticas de Thornthwaite e Köppen para diversas cidades brasileiras, geradas por diferentes autores e pelo programa BHCN&CCTK.

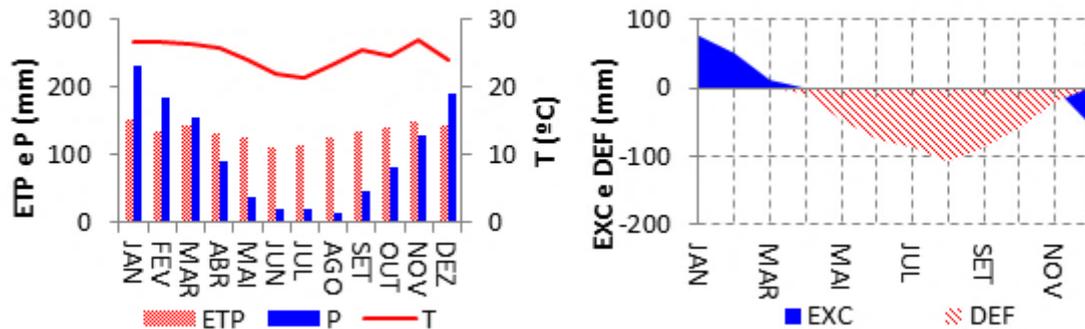
Cidade/UF	Por diversos autores			Pelo BHCN&CCTK	
	Thornthwaite	Köppen	Autor(es)	Thornthwaite	Köppen
Aragarças/MT	C2wA’a’	Aw		C2wA’a’	Aw
Cáceres/MT	C1wA’a’	Aw		C1dA’a’	Aw
Canarana/MT	B1wA’a’	Aw		B1wA’a’	Aw
Cuiabá/MT	C1dA’a’	Aw		C1dA’a’	Aw
Diamantino/MT	B1rA’a’	Aw		B1rA’a’	Aw
Gleba Celeste/MT	B2wA’a’	Aw		B2wA’a’	Aw
Matupá/MT	B1wA’a’	Aw	Souza et al. (2013)	B1wA’a’	Aw
Nova Xavantina/MT	C2wA’a’	Aw		C2wA’a’	Aw
Padre Ricardo	C1dA’a’	Aw		C1dA’a’	Aw
Remetter/MT					
Poxoréu/MT	B2rA’a’	Aw		B1rA’a’	Aw
Rondonópolis/MT	C2wA’a’	Aw		C2wA’a’	Aw
São José do Rio Claro/MT	B2wA’a’	Aw		B1wA’a’	Aw
São Vicente/MT	B3rB’4a	Cwa		B3rB’4a’	Aw
Botucatu/SP	B2rB’3a’	Cfa	Cunha e Martins (2009)	B2rB’3a’	Cfa
São Manuel/SP	B1rB’3a’	Cfa		B1rB’3a’	Cfa
João Pessoa/PB	C2sA’a’	Am	Francisco et al. (2015)*	C1w2A’a’	Am
Areia/PB	C2rA’a’	As		C2sA’a’	As
Campina Grande/PB	C2rA’a’	As		DdA’a’	As
Monteiro/PB	DdA’a’	As		DdA’a’	Aw
Patos/PB	C1S2A’a’	BSh		EdA’a’	BSh
Sousa/PB (São Gonçalo)	DdA’a’	As		DdA’a’	Aw
Campina Grande/PB	DdA’a’	-		DdA’a’	As

Cidade/UF	Por diversos autores			Pelo BHCN&CCTK	
	Thornthwaite	Köppen	Autor(es)	Thornthwaite	Köppen
Monteiro/PB	EdA'a'	-		DdA'a'	Aw
Patos/PB	EdA'a'	-	Silva Júnior et al (2017)	EdA'a'	BSh
Sousa/PB (São Gonçalo)	EdA'a'	-		DdA'a'	Aw
Bom Jesus/PI	B2rA'a'	Aw	Holanda e Medeiros (2019)	DdA'a'	Aw
Barbalha/CE	B2rA'a'	As	Medeiros e Holanda (2019)	C1sA'a'	Aw
Conceição do Mato Dentro/MG	B2rB'3a'	Cwa	Oliveira (2019)	B1rB'3a'	Cwa
Feira de Santana/BA	C1w2A'a'	Asa	Santos et al. (2018a)	DdA'a'	As
Chapadinha/MA	C2s2A'a'	Aw	Passos et al. (2016)	C1s2A'a'	Aw
Balsas/MA	C1dA'a'	-	Passos et al. (2017)	C1dA'a'	Aw
Turiaçu/MA	B1sA'a'	Aw'	Passos et al. (2018)	B1wA'a'	Aw

Observações: *As classificações de Francisco et al. (2015) foram obtidas de gráficos.

A respeito da cidade de São Vicente/MT, a divergência ocorreu na classificação de Köppen, gerada como consequência da metodologia adotada para definir a temperatura do mês mais frio do ano, pois Souza et al. (2013) assumiram a temperatura mínima média do mês e não a média mensal como é aplicado no BHCN&CCTK. Desta forma, a cidade passou a pertencer ao grupo climático “C” (subtropical úmido com temperatura do mês mais frio inferior a 18 °C) em vez de “A” (topical com temperatura do mês mais frio igual ou maior que 18 °C). Os autores ratificaram a classificação dada, Cwa, respaldando-se em Roboredo et al. (2010), que afirmam que São Vicente/MT encontra-se numa região de transição climática Cwa – Cwb, possivelmente devido a elevada altitude local (750 a 800 m). Porém, para Santos e Campelo Júnior (2003), Costa et al. (2012), Alvares et al (2013), Biesdorf et al. (2015), Santos et al. (2018b) e Silva et al. (2018), a classificação climática para a cidade é a mesma gerada pelo BHCN&CCTK, Aw.

Figura 7. Representação gráfica do comportamento hidrotérmico e do balanço hídrico normal climatológico para a cidade de Cárceres/MT, Brasil, gerado pelo programa BHCN&CCTK com dados de Souza et al. (2013).



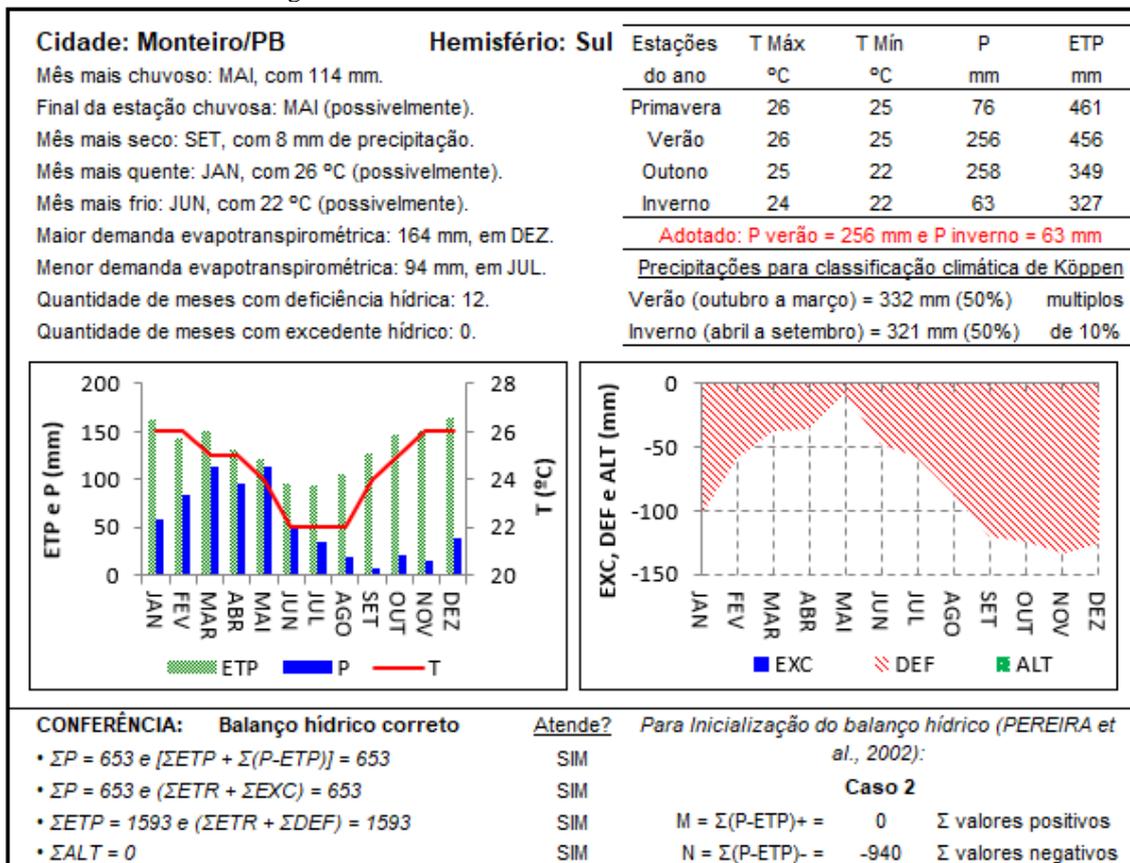
Nota: ETP, P, T, EXC e DEF correspondem respectivamente a evapotranspiração potencial (ou de referência), precipitação, temperatura média do ar, excedente e deficiência hídrica mensal.

Diferenças similares foram observadas para as cidades de Monteiro/PB e Sousa/PB (São Gonçalo). Para Sousa/PB, Francisco et al. (2015) apresentou classificação climática “As”, enquanto que com o BHCN&CCTK obteve-se “Aw” (Tabela 4). Das definições dos símbolos climáticos, tem que “w” exprime “inverno seco” e “s” “verão seco” (Peel et al., 2007; Alvares et al., 2013), como a região mais ocidental da Paraíba, Brasil, apresenta chuvas de verão e o inverno é seco (Silva Filho, 2016) a classificação “Aw” é a mais coerente para a cidade, mesmo contrastando com o mapa climático de Alvares et al. (2013).

Já para Monteiro/PB a divergência evidenciou um excepcional ponto de dubiedade metodológica, o mais singular dos casos dentre todas as simulações realizadas neste estudo. Como exposto, existe antagonismo entre os climas “Aw” e o “As”, porém, para a cidade em foco, os procedimentos analíticos e gráficos aparentam resultar em classificações diferentes. Nota-se que as precipitações decorrentes no verão do modelo (somatório de seis meses de dados) foram maiores que as do inverno, porém, com uma diferença de apenas 11 mm, gerando percentual representativo próximo a 50% para cada estação (Figura 8). Como esta diferença é inferior a 5% foi considerado como parâmetro de definição da estação seca do ano, as chuvas ocorridas nas estações reais, que corresponderam a 256 mm no verão e 63 mm no inverno; assim, analiticamente, definiu-se o inverno com a estação mais seca do ano e elegeu-se a classificação “Aw”. Por outro lado, a interpretação gráfica sugere menor deficiência hídrica entre os meses de abril e junho, com crescimento linear de déficit até setembro (período do inverno do modelo) e maior área hachurada pela deficiência hídrica entre setembro e fevereiro (praticamente todo o verão do modelo) indicando que a classificação “As” seria a mais

acertada. A priori trata-se de situação particular de contraste metodológico, no entanto, como na classificação de Köppen são observadas apenas precipitação e temperatura, e a deficiência hídrica é causada pela interação da precipitação, evapotranspiração e pelo balanço hídrico do solo, em casos excepcionais, pode haver este tipo de distorção, e a classificação gerada não convergir integralmente com a metodologia de Thornthwaite, que é mais abrangente em quantidade de elementos climatológicos avaliados (Rolim et al., 2007 e Nóbrega, 2010). Portanto, apesar da análise gráfica, num conjunto metodológico Köppen – Thornthwaite, permitir a interpretação de clima “As” para a cidade de Monteiro/PB a classificação “Aw” é coesa do ponto de vista da metodologia de Köppen isoladamente.

Figura 8. Dados extras gerados pelo programa BHCN&CCTK para a cidade de Monteiro/PB, Brasil, com dados da normal climatológica de 1981 a 2010.



Nota: o texto “Adotado: Pverão = 256 mm e Pinverno = 63 mm” refere-se aos valores adotados pelo programa para definição da estação seca do ano; ETP, P, T, EXC, DEF e ALT correspondem respectivamente a evapotranspiração potencial (ou de referência), precipitação, temperatura média do ar, excedente hídrico, deficiência hídrica e alteração do armazenamento de água no solo, mensal.

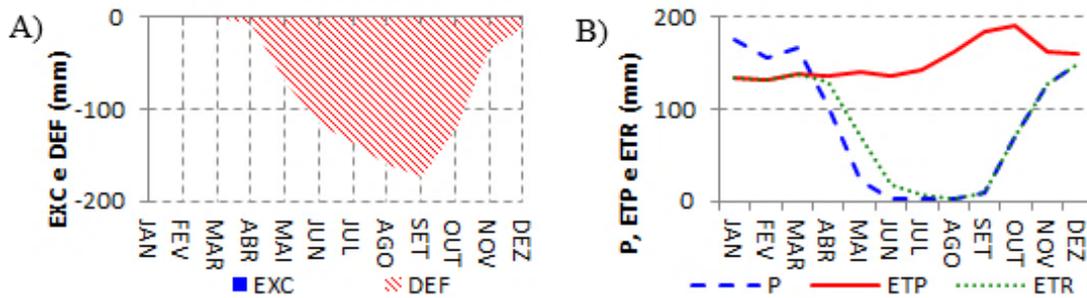
Para João Pessoa/PB a classificação apresentada na Tabela 4 com o uso do programa BHCN&CCTK foi C1w2A’a’, contudo, simulando-se com dados da normal

climatológica de 1961-1990 (que apresentava precipitação anual 219 mm maior), obteve-se C2sA'a', mesma classificação feita por Francisco et al. (2015). Para Areia/PB a diferença nas classificações (programa proposto e autores) também deve ter decorrido dos períodos de dados avaliados, já para Patos/PB possivelmente dos critérios adotados no cálculo do índice de umidade.

Notou-se que para as cidades paraibanas houve maior simetria entre os resultados do BHCN&CCTK com os obtidos por Silva Júnior et al (2017), mesmo os autores considerando uma equação própria para o índice de umidade, terem usando dados de 1961 a 1990 e critérios da primeira versão da classificação de Thornthwaite. Os valores dos índices de umidade obtidos por eles provavelmente pertenceriam a classe climática "D" (para Monteiro/PB e Sousa/PB) e não a "E" se tivessem considerado a classificação atual de Thornthwaite (Thornthwaite e Mather, 1955), com isso as classificações seriam idênticas aos do programa proposto.

Equívocos na aplicação metodológica de Thornthwaite foram observados na classificação feita por Holanda e Medeiros (2019) para a cidade de Bom Jesus/PI, já que os autores apresentaram, para os índices hídrico, de aridez e de umidade, os valores -0,27, 0,46 (provavelmente se referindo a 46%) e 45,67%, respectivamente, contudo, o correto seria 0,0, 45,7 e -45,7% (com sinal negativo). Isso gerou uma classificação inexata por conta do índice de umidade (o valor 45,67% pertence ao tipo climático "B2", úmido, enquanto que, -45,7%, ao "D", semiárido), e em sequência para o subtipo climático, os autores apresentam o símbolo "r" que significa "sem ou com pequena deficiência hídrica". Contudo, ao se analisar graficamente o regime climático da cidade, nota-se ocorrência de deficiência hídrica (Figura 9A), e linhas que representam a precipitação e a evapotranspiração real, próximas (quando não sobrepostas) a maior parte do ano e distantes da evapotranspiração potencial (Figura 9B), fato que, segundo Vianello e Alves (2012), exprimem regime de deficiência hídrica de mediana a acentuada. Desta forma constata-se coerência para a classificação de Thornthwaite gerada pelo BHCN&CCTK, DdA'a' (clima megatérmico semiárido com excedente hídrico pequeno ou nulo).

Figura 9. Representação gráfica do balanço hídrico normal climatológico (A) e do comportamento hídrico-
evapotranspirométrico (B) gerado pelo programa BHCN&CCTK para a cidade de Bom Jesus/PI, Brasil,
com dados de Holanda e Medeiros (2019).

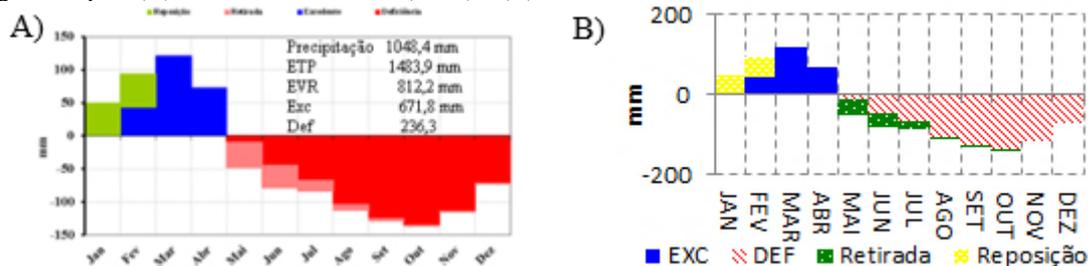


Em que: EXC, DEF, P, ETP e ETR, correspondem respectivamente a excedente hídrico, deficiência hídrica, precipitação, evapotranspiração potencial (ou de referência) e evapotranspiração real, mensal.

Equívocos análogos ocorreram para a cidade de Barbalha/CE na classificação realizada por Medeiros e Holanda (2019). Os autores expuseram índice de umidade de -45,27%, porém, analisando-se a metodologia adotada por estes notou-se que o valor é incorreto, deveria ter sido -11,28% (obtido de $15,9 - 0,60 \cdot 45,3$). Em outro ponto, na consulta aos critérios de classificação de Thornthwaite, provavelmente os autores desconsideraram o sinal negativo do índice de umidade e tomaram a classe “B2” (clima úmido) para o valor de -45,27% (neste caso seria “D”, clima semiárido).

Os autores afirmaram, ainda, que a cidade não apresentava nenhuma deficiência hídrica durante o ano, porém, inseriram gráfico que expressava exatamente o oposto, deficiência hídrica com início em março e fim em dezembro (Figura 10A), semelhante ao do BHCN&CCTK (Figura 10B), demonstrando equivalência na obtenção do balanço hídrico.

Figura 10. Comportamento gráfico da oferta e da demanda hídrica para a cidade de Barbalha/CE, Brasil, gerados por, (A) Holanda e Medeiros (2019) e (B) BHCN&CCTK.



Em que: EXC e DEF correspondem a excedente e deficiência hídrica, respectivamente.

Ainda do trabalho realizado por Medeiros e Holanda (2019) para a cidade de Barbalha/CE, agora referente à classificação de Köppen, observou-se que os autores expuseram que a precipitação anual da cidade era superior a 1.000 mm, e comentam que 84% desta ocorreram nos meses compreendidos entre dezembro e abril (verão e início do

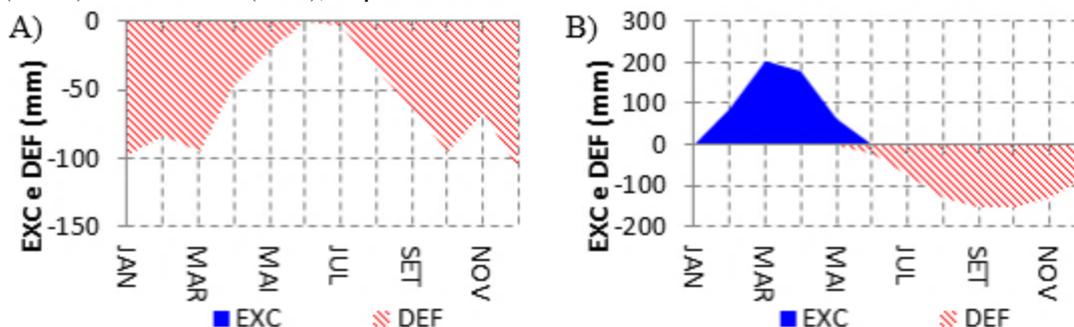
outono), mas classificam o clima como “As” (clima tropical com verão seco), contrapondo-se com a classificação “Aw” (clima tropical com inverno seco) gerado pelo BHCN&CCTK (Tabela 4) e também por Lima et al. (2017), Dubreuil et al. (2018) e Matos et al. (2018). Neste caso, pode ter ocorrido tentativa de seguir o mapa climático do Brasil gerado por Alvares et al. (2013), no qual Barbalha/CE, aparentemente, encontra-se numa região de clima “As”.

A classificação de Oliveira (2019) para a cidade de Conceição do Mato Dentro/MG foi B2rB’3a’, e a obtida no BHCN&CCTK, B1rB’3a’ (Tabela 4). Divergência decorrida do índice de umidade, 44,2 e 39,9%, respectivamente, suficiente para gerar tipos climáticos distintos (B2 e B1), porém, com mesma designação climática, clima úmido.

Para Feira de Santana/BA, a classificação climática proposta por Santos et al. (2018a), adotando 60% do índice de aridez no cálculo do índice de umidade, foi C1w2A’a’ contra a classificação DdA’a’ obtida no BHCN&CCTK. Neste caso as designações climáticas não são equivalentes e o erro cometido distorceu tanto o tipo quanto o subtipo climático, indicando, na classificação dos autores, um excedente hídrico inexistente (Figura 11A).

Caso análogo ocorreu para Chapadinha/MA, onde se nota a classificação proposta por Passos et al. (2016) sendo C2s2A’a’ (Tabela 4), que significa “clima subúmido com grande deficiência hídrica no verão”, contudo, ao se analisar a Figura 11B, percebe-se ocorrência de excedente hídrico no verão, corroborando com a classificação do programa proposto, C1s2A’a’ (clima megatérmico subúmido seco com grande excedente hídrico no verão).

Figura 11. Representação gráfica do balanço hídrico climatológico normal para as cidades de Feira de Santana/BA (A) e Chapadinha/MA (B) gerado pelo programa BHCN&CCTK com dados de Santos et al. (2018a) e Passos et al. (2016), respectivamente.



Em que: EXC e DEF correspondem respectivamente a excedente e deficiência hídrica.

Por fim, à classificação de Köppen para Feira de Santana/BA apontada por Santos et al. (2018a) foi “Asa” (Tabela 4), porém, o grupo climático “A” não comporta uma terceira letra (Peel et al., 2007; Vianello e Alves, 2012; Alvares et al., 2013; dentre outros), desta forma, desconsiderando-a, as classificações feitas pelos autores e pelo programa proposto são iguais. Da mesma forma, Turiaçu/MA, recebeu classificação Aw’ por Passos et al. (2018), que significa “clima tropical com chuvas de verão e outono”, uma extensão da classificação de Köppen (1936) que exibe maiores detalhes climáticos para a região em análise. A metodologia adotada para elaboração do programa proposto, não contém extensões, de modo que “Aw” (clima tropical de savana com inverno seco) conjunta às extensões Aw’ e Aw’’.

4 CONCLUSÕES

O programa BHCN&CCTK permite, de forma simplificada, classificar o clima integrando conceitos de Thornthwaite e Köppen;

O programa BHCN&CCTK gerou balanços hídricos e classificações climáticas coerentes aos resultados literários e metodologias usadas;

Os recursos gráficos do programa permitem melhor interpretação dos fenômenos climáticos analisados;

O programa permitiu evidenciar incongruências entre as metodologias de Thornthwaite e Köppen.

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. 06, p. 711-728, 2013.
- BIESDORF, E. M.; SILVA, J. S.; BIESDORF, E. M.; OLIVEIRA, O. J.; DEL CONTE, M. V. Desempenho agrônômico de cultivares de alho vernalizado e não vernalizado na região Sudeste de Mato Grosso. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 02, n. 03, p. 44-48, 2015.
- COSTA, R. B.; AZEVEDO, L. P. A.; MARTINEZ, D. T.; TSUKAMOTO FILHO, A. A.; FERNANDES, D. Á.; OLIVEIRA, O. E.; RESENDE, M. D. V. Avaliação genética de *Eucalyptus camaldulensis* no Estado de Mato Grosso. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 32, n. 70, p. 165-173, 2012.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga*, v. 14, n. 01, p. 1-11, 2009.
- DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Cofins*, v. 38, n. 01, p. 1-22, 2018.
- 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. 04, p. 1006-1016, 2015.
- HOLANDA, R. M.; MEDEIROS, R. M. Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. *Revista Pantaneira*, v. 16, n. 01, p. 57-68, 2019.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas do Brasil. disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>> acessado em 05 de Mar. 2020.
- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: *Handbuch der Klimatologie*, Köppen, W.; Geiger, G. (Eds.), Gebrüder Borntraeger, p. 1-44, part C, 1936.
- LIMA, M. T. V.; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; NASCIMENTO, M. T. B. Köppen-Geiger and Thornthwaite climatic classification for the metropolitan region of the Cariri, Ceará. *Revista Geama*, v. 03, n. 03, p. 136-143. 2017.
- MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; BORGES, V. E.; GALVÃO SOBRINHO, T.; SABOYA, L. M. F.; DANTAS NETO, J. Uso de sistemas de classificação climática para o município de Barbalha - CE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.11, n.03, p. 877-885, 2018.
- MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M. Classificação climática e balanço hídrico pelo método de Köppen e Thornthwaite do município de Barbalha, Ceará, Brasil. *Revista Equador*, v. 08, n. 03, p.19-43, 2019.
- NÓBREGA, R. S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 03, n. 01, p. 18-22, 2010.

OLIVEIRA, J. Â. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite e Mather para o município de Conceição do Mato Dentro – MG. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.13, n. 01, p. 3203-3211, 2019.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 436 p.

PASSOS, M. L. V.; SOUZA, J. B. C.; MENDES, T. J. Balanço hídrico e classificação climática para o município de Turiaçu - MA. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 14, n. 02, p. 149-155, 2018.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha - MA. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 10, n. 04, p. 758-766, 2016.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas - MA. Revista Scientia Agraria, v. 18 n. 01, p. 83-89, 2017.

PELL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger. Hydrology and Earth System Sciences, v. 11, n. 05, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, A. P. A.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

RIBEIRO, E. P.; SOUZA, C. S. Caracterização e classificação climática da microrregião de Vitória de Santo Antão. Revista Continentes, v. 07, n. 12, p. 235-259, 2018.

ROBOREDO, D.; MAIA, J. C. S.; OLIVEIRA, O. J.; ROQUE, C. G. Uso de dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica de um latossolo vermelho distrófico. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 02, p. 308-314. 2010.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. Bragantia, v. 66, n. 04, p.711-720, 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, v. 06, n. 01, p. 133-137, 1998.

SANTOS, F. M.; ENTIAUSPE-NETO, O. M.; ARAÚJO, J. S.; SOUZA, M. B.; LEMA, T.; STRÜSSMANN, C.; ALBUQUERQUE, N. R. A new species of burrowing snake (Serpentes: Dipsadidae: Apostolepis) from the state of Mato Grosso, Central-West region of Brazil. Zoologia, v. 35, s/n, p. 1-10, 2018b.

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). GEO UERJ, v. 33, s/n, p. 1-17, 2018a.

SANTOS, V. S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Influência dos elementos meteorológicos na produção de adubos verdes, em diferentes épocas de semeadura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 07, n. 01, p. 91-98, 2003.

SARAIVA, F. A. M.; PENHA, M.; SILVA, M. J. G.; MARTINS, E. P.; LISBOA, A. M.; SANTOS, C. F. Classificação climática por Thornthwaite para as cidades de Porto Velho,

Costa Marques e Vilhena. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 03, n. 04, p. 339-346, 2018.

SILVA FILHO, J. A.; ARAÚJO, S. C.; NOGUEIRA, V. F. B. Análise temporal do regime pluviométrico no município de Sousa - PB. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 11, n. 1, p. 08-13, 2016.

SILVA JÚNIOR, M. H., ROSENDO, E. E. Q., FILGUEIRA, H. J. A., SARMENTO, F. J., SOUZA, B. I. Classificação climática de Thornthwaite: uma proposta de adaptação para a região semiárida brasileira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.10, n.06, p. 1760-1774, 2017.

SILVA, E. R.; OLIVEIRA, J. N.; RUBIO, C. P.; LYRA, G. A.; STEINER, F. Épocas de semeadura do trigo para a região centro-sul mato-grossense. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 05, n. 01, p. 23-27, 2018.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. *Nativa*, v. 01, n. 01, p. 34-43, 2013.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *The Geographical Review*. v. 38, n. 01, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. Centerton, Drexel Institute of Technology-Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

VIANELLO, R. L., ALVES, A. R. *Meteorologia básica e aplicações*. 2 ed. Viçosa: UFV, 2012, 460 p.