

## **APLICAÇÃO DO MODELO THORNTHWAITTE-CAMARGO PARA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL EM QUATRO CIDADES PARAIBANAS**

Andréia Maria Nogueira Dantas<sup>1</sup>; Fagna Maria Silva Cavalcante<sup>2</sup>; Mariana Lima Figueredo<sup>3</sup>;  
Renata Luana Gonçalves Lourenço<sup>4</sup>; Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira<sup>5</sup>

*1-Graduando em Agronomia pela Universidade Federal de Campina Grande - email: andreia\_115@gmail.com*

*2-Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande -  
email: cavalcante.fagna@gmail.com*

*3-Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande - email:  
mariana.lima.figueredo@gmail.com*

*4-Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande -  
email: rlg.l.goncalves@gmail.com*

*5- Professora do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande –  
CCTA/UFCG – email: virginia.fbnoqueira@gmail.com*

### **INTRODUÇÃO**

As condições climáticas do ambiente influenciam no balanço hídrico de uma área, ou seja, geram efeitos na quantidade de água presente no solo e disponível para o desenvolvimento das plantas. Neste contexto, a evapotranspiração, definida por MENDONÇA et al. (2003) e VESCOVE e TURCO (2005) como o processo de transferência de água para a atmosfera somando-se a perda de água pela evaporação do solo e pela transpiração da vegetação, é um importante parâmetro a ser estudado para se entender a disponibilidade hídrica, principalmente em regiões que dependem das atividades agrícolas.

A estimativa de Evapotranspiração Potencial (ETP) é feita por meio de modelos matemáticos, alguns complexos que exigem parâmetros que nem sempre estão disponíveis e outros mais simples, como o método Thornthwaite-Camargo, que requerem apenas temperatura do ar e latitude do lugar.

No estado da Paraíba, segundo SALES e RAMOS (2000) as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais, que daquelas decorrentes de variações latitudinais. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar o método Thornthwaite-Camargo para estimativa da evapotranspiração potencial em quatro cidades paraibanas ocorridas no ano 2016.

### **METODOLOGIA**

(83) 3322.3222

contato@aguanosemiarido.com.br

[www.aguanosemiarido.com.br](http://www.aguanosemiarido.com.br)



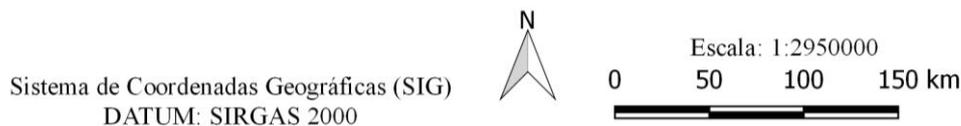
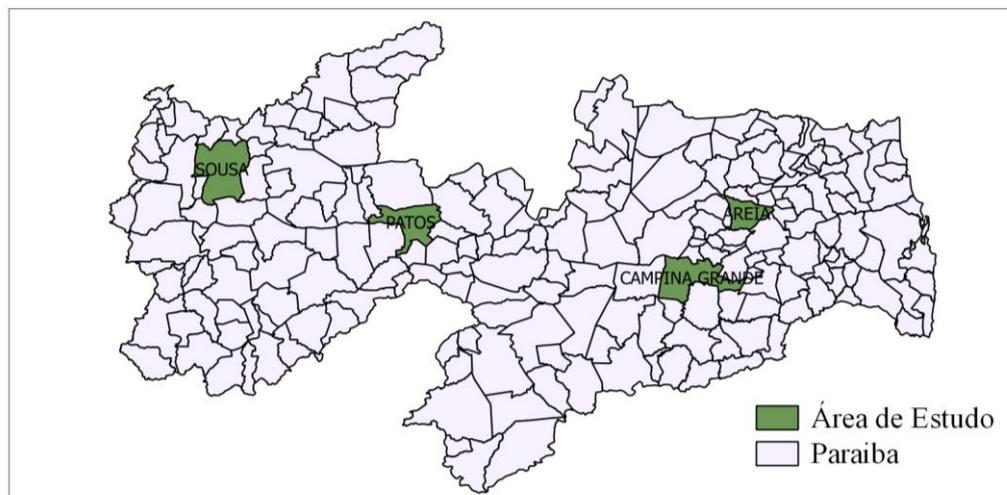
A área de estudo é representada por quatro municípios do estado da Paraíba, com diferentes condições climáticas, duas delas situadas no sertão (Sousa e Patos) e duas no agreste paraibano (Areia e Campina Grande).

**Tabela 1: Características geográficas das cidades.**

Município	Latitude	Longitude	Altitude	Clima
Areia	6° 57' 42'' S	35° 41' 43'' W	573m	Tropical Nordeste Oriental Quente Semiúmido
Campina Grande	07° 13' 50'' S	35° 52' 52'' W	551m	Tropical Nordeste Oriental Quente Semiúmido
Patos	07° 01' 28'' S	37° 16' 48'' W	242m	Tropical Zona Equatorial Quente Semiárido
Sousa	06° 45' 33'' S	38° 13' 41'' W	220m	Tropical Zona Equatorial Quente Semiárido

Fonte: IBGE (2010); Classificação climática do IBGE (1978) com adaptações.

**Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.**



Fonte: Autores, 2017.

A evapotranspiração foi obtida através do método de Thornthwaite-Camargo, utilizando as séries históricas das temperaturas máximas e mínimas do ar mensal, do ano de 2016, oriundas das estações climatológicas dos municípios de Areia, Campina Grande e Patos, para a cidade de Sousa

(83) 3322.3222

contato@aguanosemiarido.com.br

[www.aguanosemiarido.com.br](http://www.aguanosemiarido.com.br)



usou-se a estação, São Gonçalo, distrito do município, (6,75° latitude S, 38,21° longitude W, altitude 233,06m), dados registrados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os resultados de ETP foram obtidos por meio da equação 1:

$$ETP = ETp * COR \quad (1)$$

Na qual: ETP - Evapotranspiração Potencial; ETp – Evapotranspiração Padrão; e COR é obtido da equação 2;

$$COR = N/12 * NDP/30 \quad (2)$$

Sendo N = fotoperíodo do mês em questão, equação 3; NDP = dias do período em questão;

$$N = \frac{2H}{15^\circ} \quad (3)$$

Para o qual, faz-se necessário a utilização do modelo de Klein (1980), para obter a declinação solar, equação 4, e assim encontrar o parâmetro H, da equação 5.

$$H = \arccos(-\operatorname{tg} \delta \times \operatorname{tg} \phi) \quad (5) \quad \delta = 23,45^\circ \times \operatorname{sen} \left[ \frac{360^\circ}{365} (284 + D) \right] \quad (4)$$

De forma, que D – é quantidade de dias Julianos;  $\phi$  – Latitude;  $\delta$  - Declinação solar;

O ETp, depende de duas condições relacionadas com a temperatura efetiva (Tef), equação 6:

$$Tef = 0,36 (3 T_{\max} - T_{\min}) \quad (6)$$

Na qual, T<sub>max</sub> – Temperatura máxima mensal e T<sub>min</sub> – Temperatura mínima mensal

Se:

i- ( $0 \leq Tef < 26,5^\circ\text{C}$ ), utiliza-se a equação:  $ETp = 16 (10 Tef/I)^a$

Em que, I - é um índice de calor;  $I = 12 (0,2 T_a) + 1,514$  sendo  $T_a$  = temp. média anual normal

$$a = 0,49239 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 6,75 \cdot 10^{-7} I^3$$

ii- ( $Tef \geq 26,5^\circ\text{C}$ ), aplica a formula:  $ETp = -415,85 + 32,24 Tef - 0,43 Tef^2$

A avaliação do ajuste dos parâmetros do modelo foi realizada por regressão linear simples,  $r^2$ , obtida pelo quadrado da equação 7, verificando assim se o modelo proposto é ou não adequado para descrever o fenômeno.

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}} \quad (7)$$

Onde: X – valores observados;  $\bar{X}$  - valores médios observados; Y – valores estimados;  $\bar{Y}$  - valores médios estimados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO



Com os dados de temperatura média mensal, utilizando o método Thornthwaite-Camargo, obteve-se os resultados para a evapotranspiração potencial em cada mês do ano de 2016 para as cidades consideradas (Tabela 2).

Observando o gráfico 1 percebe-se as variações de evapotranspiração para cada cidade estudada. A condição climática das cidades fica bastante evidente, resultando numa proximidade dos valores das cidades de Sousa e Patos e entre os valores de Campina Grande e Areia. Contudo, verifica-se que os coeficientes de determinação ( $r^2$ ), Tabela 2, quando comparados os dados de ETP mensalmente tem-se  $r^2 > 0,75$  o que expressa uma ótima precisão nos resultados para 30 dias.

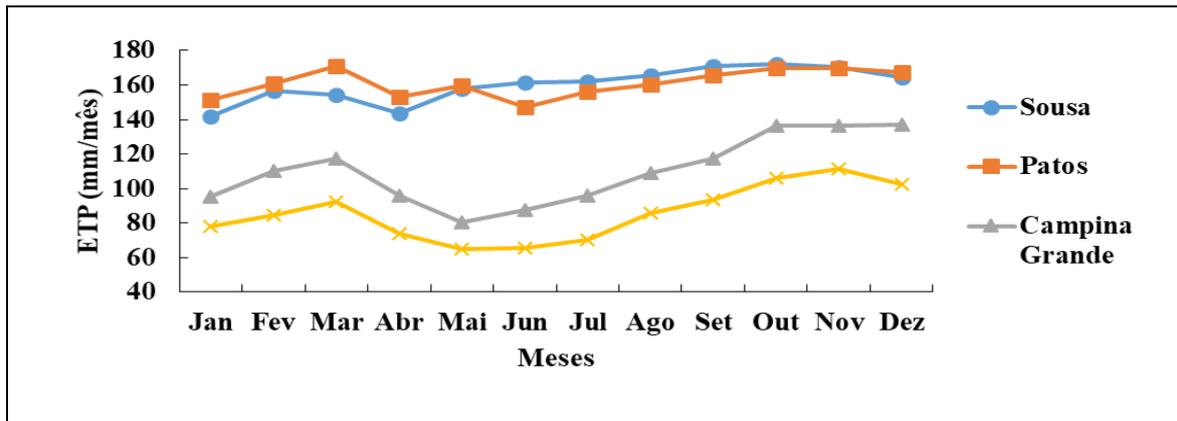
**Tabela 2: Evapotranspiração Potencial (mm/mês) e Coeficiente de Determinação ( $r^2$ )**

MÊS	CIDADES				$r^2$
	Sousa	Patos	Campina Grande	Areia	
Janeiro	141,6	151,3	95,1	77,8	0,808
Fevereiro	156,5	160,6	110,1	84,4	0,868
Março	154,4	170,8	117,2	92,2	0,758
Abril	143,5	153,2	95,6	73,7	0,820
Maiο	157,6	159,4	80,5	64,7	0,851
Junho	161,3	147,1	87,3	65,5	0,943
Julho	161,8	156,1	96,0	70,1	0,919
Agosto	165,8	159,9	109,1	85,9	0,925
Setembro	170,8	165,7	117,1	93,5	0,924
Outubro	172,3	169,6	136,3	106,0	0,916
Novembro	170,4	169,5	136,2	111,2	0,906
Dezembro	164,2	167,2	137,2	102,7	0,854

Fonte: Autores (2017).

**Gráfico 1: Espacialização temporal dos resultados de Evapotranspiração Potencial (ETP), para o período de 2016**

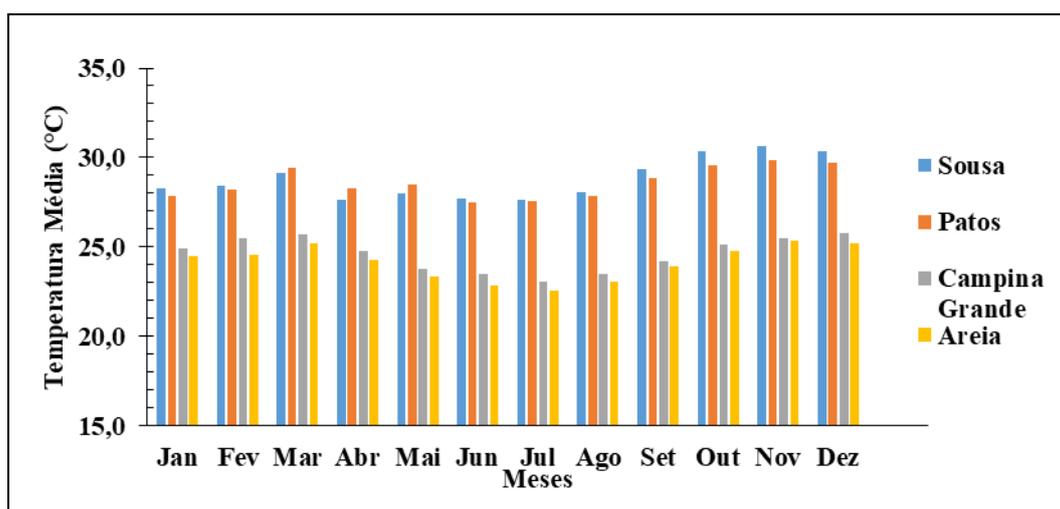




Fonte: Autores (2017).

Os municípios de Sousa e Patos apresentaram temperaturas mais elevadas, porém semelhantes, conseqüentemente uma ETP maior, que as outras duas cidades analisadas. Areia registrou as menores temperaturas, no entanto semelhante às apresentadas por Campina Grande (Gráfico 2).

**Gráfico 2: Distribuição espaço temporal da temperatura média mensal do ar em 2016**



Fonte: Autores (2017).

A cidade de Areia possui temperaturas baixas quando comparadas as outras por ser a que tem maior altitude, na parte serrana do estado com clima tropical. Campina Grande apesar de ter um clima considerado tropical com estação seca apresenta temperaturas semelhantes a Areia, as duas cidades estão situadas na Serra da Borborema com altitudes superiores aos 500m, o que resulta em temperaturas mais moderadas. Sousa e Patos estão localizadas no sertão com clima semiárido e temperaturas elevadas. O método de Thornthwaite-Camargo foi desenvolvido para qualquer tipo de clima, espera-se que os resultados sejam realistas tanto para as cidades do sertão, onde a evapotranspiração é maior quanto para as cidades do agreste com temperaturas mais amenas.

## CONCLUSÕES

Visto, que a evapotranspiração é um processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e transpiração das plantas, e que este processo varia de acordo com o clima de cada região, o método de Thornthwaite-Camargo foi fundamental para apreciação dos dados das cidades estudadas, uma vez que, o mesmo pode ser empregado em qualquer condição climática ao utilizar uma temperatura efetiva ( $T_{ef}$ ), que expressa a amplitude térmica local, ao invés da temperatura média do ar, mostrando-se dessa forma a metodologia mais confiável para estimar os resultados obtidos no trabalho em questão.

Assim sendo, os resultados para a evapotranspiração foram condizentes com o aspecto climático que ocorre em cada região do estudo. Onde os valores de ETP maiores ocorreram nos municípios de Sousa e Patos que apresentaram temperaturas mais elevadas, porém semelhantes-devido ao fato dos municípios estarem localizados próximos um do outro na região do sertão da Paraíba, enquanto que as outras duas cidades observadas, Areia e Campina Grande, registraram as menores temperaturas e, por conseguinte uma ETP menor, devido à relação entre as mesmas estarem situadas no agreste paraibano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Clima do Brasil**. IBGE Mapas 1978, com adaptações. Disponível em: < <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos>>. Acesso em: 10/08/2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Planilha com coordenadas dos municípios**. IBGE, 2010. Disponível por e-mail.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 10/08/2017.

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; DIAS, G.P.; GRIPPA, S. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

SALES, M. C. L., RAMOS, V. M. **Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica**. In: Carta CEPRO, Teresina, 2000, v.18, n.1, p.149-161.

VESCOVE, H.V.; TURCO, J.E. P. **Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de araraquara-sp**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.3, p.713-721, set./dez. 2005.