

Uso de dados GTOPO 30 e Redes Neurais para espacialização de elementos climáticos. Parte II – Evapotranspiração potencial para o Estado da Bahia

Yhasmin Gabriel Paiva¹
Kennedy Ribeiro da Silva¹
Roberto Avelino Cecílio¹
José Eduardo Macedo Pezzopane¹
Michel Castro Moreira²

¹ Centro de Ciências Agrárias / Universidade Federal do Espírito Santo – CCA/UFES
Caixa Postal 16 - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil.
rcecilio@cca.ufes.br / yhasminp@hotmail.com / kennedyfloresta03@hotmail.com /
jemp@npd.ufes.br

² Universidade Federal de Viçosa - UFV
Dep. de Eng. Agrícola - 36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
mmoreira@dpi.ufv.br

Abstract: The spacialization of climactic elements is useful in many studies at Agricultural Sciences. This paper presents an alternative method to map potential evapotranspiration at Bahia State (Brazil). The method uses average monthly temperatures mapped with artificial neuronal networks and topographic GTOPO30 data (obtained in the first paper relative to this article). Monthly potential evapotranspiration was predicted using Thornthwaite (1948) empirical equations (ETp). Mapping precision was calculated comparing predicted ETp with evapotranspiration data obtained by the use of evaporation pan method to 28 climactic station located at Bahia's area. The results had been reported in terms of average relative errors, showing that the proposed method had achieved good mapping precision.

Palavras Chave: remote sensing, climatology, SRTM data, Sensoriamento Remoto, Climatologia, Dados SRTM.

1. Introdução

A evapotranspiração potencial é um elemento macrometeorológico que apresenta a chuva teoricamente necessária para não faltar nem sobrar água no solo. Com o balanço entre precipitação e evapotranspiração pode-se caracterizar bem o clima e estimar a umidade disponível no solo, por intermédio do balanço hídrico climático (Pereira et al, 2002).

Não é possível afirmar que um local com maior precipitação não apresente deficiência hídrica, pois o consumo de água pelas comunidades vegetais, isto é, a evapotranspiração, pode ser elevada devido à alta disponibilidade energética dependendo do local e da época do ano (Pezzopane et al, 2004). A temperatura do ar está diretamente relacionada com processos de fundamental importância no crescimento das plantas, como é o caso da fotossíntese e da evapotranspiração.

O método de Thornthwaite, (1948) foi uma das primeiras fórmulas desenvolvida para se estimar a evapotranspiração potencial, apresentando boas estimativas em escala mensal (Pereira et al, 2002). Este método apresenta grande aplicabilidade já que utiliza como único parâmetro para a estimativa a temperatura média mensal do ar.

O Estado da Bahia apresenta posição de transição entre tipos de clima diferentes, o Semi-Árido nordestino, o Sudeste úmido e o Centro-Oeste, com alternância de períodos secos e úmidos bem definidos (Bahia, 1976). Diante desta diversidade climática, torna-se necessário o planejamento e o manejo dos recursos hídricos quando se deseja realizar um empreendimento agrícola ou florestal para que o suprimento de água do solo às plantas seja satisfatório durante o ciclo de desenvolvimento de culturas.

A espacialização de elementos climáticos como a evapotranspiração potencial é importante nos estudos e planejamentos no campo das Ciências Agrárias, podendo auxiliar, por exemplo, o dimensionamento de sistemas e manejo da irrigação.

O presente trabalho teve como objetivo, a obtenção de mapas representativos da distribuição espacial da evapotranspiração potencial para o estado da Bahia, utilizando-se o método de Thornthwaite (1948), a partir dos mapas de temperaturas obtidos a com as redes neurais apresentadas por Moreira et al (2005), e dados de altitude GTOPO 30.

2. Materiais e métodos

A região contemplada no presente estudo compreende o estado da Bahia, localizado na região Nordeste do Brasil. O estado está entre as latitudes -8° e -20° e -48° e longitudes -36° , com área total de aproximadamente 564.692,67 km².

Utilizaram-se os mapas de espacialização das temperaturas das médias mensais obtidas na primeira parte deste trabalho, a partir das redes neurais (RN's) desenvolvidas por Moreira et al (2005) com o uso de dados de altitude GTOPO 30, cujo pixel possui dimensões de aproximadamente um quilômetro de lado.

O cálculo da evapotranspiração potencial (ETp) mensal foi efetuada para cada pixel do mapa do estado a partir das equações empíricas de Thornthwaite (1948), baseando-se na temperatura média mensal e na duração efetiva do dia (equações 1 a 3), implementadas no ambiente de geoprocessamento.

$$ETp = 16 (10 Tn/I)^a \quad (1)$$

em que:

Tn- Temperatura média do mês, em °C;

I - índice que expressa o nível de calor disponível na região; calculado através da equação (2);

a - índice térmico regional, calculado pela função polinomial na equação (3).

$$I = \sum(0,12 Tn)^{1,514} \quad (2)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,79142 \cdot 10^{-2} I + 0,49239 \quad (3)$$

Para a verificação da precisão da estimativa propiciada pelo uso do modelo de Thornthwaite foi calculada a evapotranspiração em 28 estações meteorológicas, através de dados de evaporação obtidos das normais climatológicas das estações do INMET (Brasil, 1992) presentes na área em estudos. Para tal, utilizou-se o modelo do “Tanque classe A”, em que:

$$ETpa = Kp \cdot ECA$$

em que:

ET_{pa} – é a evapotranspiração de referência obtida pelo método do Tanque Classe “A” (mm);
K_p - o coeficiente para conversão da evaporação do Tanque Classe “A” em evapotranspiração de referência, em função da velocidade do vento, da área de exposição vegetal relativa ao tanque e da umidade relativa do ar;

ECA - a evaporação mensal medida no tanque Classe “A”, em mm.

A partir dos dados de ET_{pa} e ET_p, calcularam-se os Erros Relativos Médios (ERM) mensais para verificação da precisão do modelo de Thornthwaite, utilizando os dados das 28 estações.

$$ERM = \frac{\sum_{i=1}^n [(ET_{pai} - ET_{pi})/ET_{pi}] * 100}{n}$$

em que:

n – é o número de estações do INMET que tiveram valores de ET_{pa} calculados;

i – é o índice representativo da estação.

3. Resultados e Discussão

Os mapas estimados da evapotranspiração para o estado da Bahia são apresentados na **Figura 1**. Verifica-se que ocorreu uma grande amplitude na variação dos dados, de 35 mm a 221 mm mensais. O Estado da Bahia é bastante diversificado em sua extensão, apresentando: grandes variações climáticas; considerável extensão territorial; vasta região amplamente exposta ao oceano, sujeita aos efeitos da circulação do Atlântico; grande extensão na área inserida no polígono das secas; orientação e exposição do relevo aos sistemas de circulação atmosférica. O conjunto desses fatores resulta em diferentes condições de umidade do solo e do ar (Bahia, 1976), influenciando na evapotranspiração.

Observa-se que nos locais de maiores altitudes (parte da porção central e leste do estado), foram encontrados os menores valores de evapotranspiração. A altitude destes locais atuou decisivamente fator de importância, uma vez que as temperaturas e demandas evapotranspirativas tendem ser menores em locais mais altos (Lima & Ribeiro, 1998; Pereira et al., 2002).



Figura 1 – Mapas de Evapotranspiração estimados pelo modelo de Thornthwaite (1975)

A **Tabela 1** apresenta as estações do INMET, com os respectivos valores de ETp estimados pelo método de Thonthwaite. Os postos são bem distribuídos no estado da Bahia, abrangendo desde locais de maiores altitudes como Vitória da Conquista (952 m) à cidades

litorâneas, consequentemente com altitudes próximas a zero, como o posto de Ilhéus. Os valores médios da estimativa mensais foram verificados com dados extremos nos meses de julho e novembro, correspondendo a 76,45 mm e 115,72 mm, respectivamente. O menor valor médio de evapotranspiração foi obtido no mês de maio correspondendo a 43,85 mm, e o mês de outubro com 166,65 mm de maior valor médio verificado.

Os maiores valores anuais de Evapotranspiração potencial ocorreram predominantemente no polígono das secas que abrange além da Bahia, mais sete estados da região Nordeste. Para a implantação de uma cultura agrícola ou florestal neste local, recomenda-se o uso de técnicas de irrigação para que haja o suprimento hídrico necessário para o melhor desenvolvimento da planta durante seu ciclo.

Tabela 1 – Valores Evapotranspiração mensais (mm), estimados pelo método de Thornthwaite (1948), coletados nas localidades relativos aos postos do INMET

Estações	Meses												Anual
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Alagoinha	121.25	122.25	127.88	119.36	93.33	84.87	70.71	73.74	90.46	110.31	115.45	123.05	1252.67
Barra	128.57	122.11	129.83	119.21	117.91	104.85	122.71	105.92	132.95	130.26	113.13	127.51	1454.95
Barreiras	112.27	115.65	96.63	120.72	96.69	83.97	62.49	108.48	149.65	132.02	134.68	124.04	1337.55
Bom.J.da Lapa	117.96	115.84	126.02	93.48	101.36	97.18	90.20	102.05	115.31	130.96	123.62	116.42	1321.70
Caetitê	87.25	87.53	91.66	72.01	80.16	78.10	59.63	59.04	79.88	92.36	85.13	93.89	966.66
Camaçari	128.96	133.01	130.29	118.62	100.51	94.31	69.93	104.88	103.88	96.90	130.76	124.34	1338.37
Canavieiras	126.61	134.96	129.80	119.23	90.42	81.73	73.74	82.08	88.58	101.21	110.62	123.99	1262.97
Caravelas	127.56	131.67	126.34	119.21	93.89	84.14	73.70	71.96	91.41	103.53	120.16	121.50	1265.59
Carinhanha	116.49	115.72	121.48	113.70	104.46	77.70	81.10	101.71	122.68	135.51	128.47	112.69	1331.71
Cipó	137.42	123.86	129.59	118.42	104.47	89.45	63.71	99.38	104.52	94.82	138.24	122.57	1320.67
Correntina	103.45	104.49	98.31	94.21	90.06	74.30	72.20	83.02	123.17	111.52	108.31	97.47	1172.42
Guaratinga	117.95	112.59	120.72	119.65	90.44	82.62	74.81	71.87	86.35	92.17	138.95	122.56	1230.69
Ilhéus	125.73	135.56	130.44	118.63	92.84	81.84	72.28	107.91	93.09	97.39	127.73	123.92	1307.35
Irecê	100.68	90.23	103.39	103.43	85.40	75.63	77.82	75.79	83.09	102.30	110.03	102.86	1109.69
Itaberaba	124.82	125.42	129.17	119.03	99.47	83.66	73.17	75.27	95.01	119.87	112.52	120.17	1279.14
Itiruçu	111.99	109.09	104.87	92.39	86.46	79.33	70.81	65.65	81.75	94.97	103.05	107.83	1108.19
Ituaçu	115.79	115.42	117.29	91.83	91.76	80.29	74.67	73.00	85.81	113.30	121.69	116.48	1197.33
Jacobina	114.25	98.42	90.15	90.07	70.23	60.56	65.70	58.61	71.35	75.03	98.94	85.02	1037.78
Lençóes	120.07	122.18	126.30	111.28	100.58	80.76	74.45	72.65	91.30	103.66	114.66	118.44	1218.42
Monte Santo	113.71	116.05	108.93	98.65	96.48	63.59	57.14	75.49	84.68	95.76	114.57	111.89	1151.08
Morro do Chapéu	89.33	82.89	88.33	79.55	70.84	68.73	61.87	61.94	68.52	77.62	72.37	93.10	925.19
Paulo Afonso	150.13	129.19	127.20	122.21	110.39	94.94	123.82	97.95	123.28	166.65	155.33	122.48	1520.59
Remanso	120.26	116.02	129.14	89.08	118.14	106.09	108.91	105.59	134.88	163.88	129.82	116.58	1455.27
Salvador	121.70	119.02	129.78	119.54	92.44	82.94	74.22	73.05	93.29	96.59	112.37	123.98	1241.00
Sta.Rita de Cassia	111.83	116.70	108.70	120.21	101.71	95.91	89.44	107.80	147.91	132.01	109.95	121.03	1363.18
Senhor do Bonfim	111.62	106.00	108.54	98.18	89.06	76.15	69.27	74.67	84.33	99.27	116.45	110.33	1145.49
Serrinha	115.13	131.03	121.19	118.50	86.88	82.05	71.38	74.07	96.04	88.94	110.15	119.32	1203.93
Vitoria da Conquista	89.94	86.86	88.43	80.39	69.80	43.85	60.69	62.73	65.69	80.06	82.95	92.97	904.64
MÁXIMO	150.13	135.56	130.44	122.21	118.14	106.09	123.82	108.48	149.65	166.65	155.33	127.51	1520.59
MÉDIA	116.53	114.99	115.73	106.46	93.79	81.77	76.45	83.08	99.60	108.53	115.72	114.16	1229.44
MÍNIMA	87.25	82.89	88.33	72.01	69.80	43.85	57.14	58.61	65.69	75.03	72.37	85.02	904.64

O erro médio relativo entre valores de ETp calculado a partir do método de Thornthwaite e do “Tanque Classe A”, são apresentados na Tabela 2 sendo o menor valor cerca de 27,1 % no mês de março. O mês de agosto foi aquele que apresentou o maior erro médio (42,3 %). Todavia, estes valores de ERM podem ser considerados como aceitáveis, e explicados em função do método adotado para a realização das estimativas. Pereira et al (2002), cita que o modelo de Thornthwaite (1948) é mais indicado para a aplicação em regiões de clima úmido, apresentando subestimativas para regiões de clima seco e semi-árido. Sugere a aplicação do método de Hargreaves & Samani (1985) desenvolvidos para estimativas de Evapotranspiração adequados às regiões semi-áridas contidas no estado da Bahia.

Tabela 2 – Erros Quadrados Médios (QME) mensais comparando estimativas de Evapotranspiração realizadas com temperaturas das RNA's e coletadas nos postos do INMET.

	Meses										
	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
QME	30,2	27,1	29,9	27,3	31,0	36,4	42,3	35,3	27,8	25,5	27,4

Os mapas deste trabalho podem ser úteis para a realização de pesquisas como zoneamentos climáticos, verificação de áreas de aptidão às espécies agrônômicas e florestais, apoiando ainda produtores agrícolas no planejamento adequado em relação às necessidades da cultura a ser implantada considerando a diversidade climática verificada na Bahia.

4. Conclusões

As temperaturas médias das redes neurais apresentaram resultados satisfatórios para o cálculo da Evapotranspiração utilizando o modelo de Thornthwaite (1948) para o estado da Bahia.

5. Referências Bibliográficas

Bahia. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia. **Atlas climatológico do Estado da Bahia: análise espacial da pluviosidade**. Salvador: SEPLANTEC, 1976. 179p.

Hargreaves, G. H.; Samani, Z.A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. Chicago, **Amer. Soc. Agric. Eng. Meeting** (Paper 85-2517), 1985.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas** (1961 – 1990). Brasília: SPI/EMBRAPA. 1992. 84 P.

Lima, M.G. de; Ribeiro, V.Q. Equações de estimativa da temperatura do ar para o Estado do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.221- 227, 1998.

Moreira, M.C.; Cecílio, R.A.; Silva Júnior, J.L.C.; Pinto, F.A.C.; Medeiros, S.S. Uso de redes neurais artificiais para a estimativa das normais das temperaturas médias mensais e anual na Região Nordeste. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14, 2005, Campinas. **Anais...**, Campinas : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. CD-ROM

Pereira, A.R.; Angelocci, L.R.; Sentelhas, P.C. **Agrometeorologia**. Porto Alegre: Editora Agropecuária, 2002. 190p.

Pezzopane, J. E. M.; Santos, E.; Eleutério, M. M.; A.; Reis, E. F.; Santos, A. R. Espacialização da temperatura do ar no Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.151-158, 2004

Sousa, E.F. Modelo computacional aplicativo ao manejo e planejamento de irrigação. Viçosa: UFV 1993. 65p. Dissertação Mestrado.

Thornthwaite, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**. 38:55-94, 1948.

Thornthwaite, C.W., Matter, J.R. **The water balance**. New Jersey: Publications in Climatology, 8, Centerton, New Jersey, 1955. 150p.