

## **EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA RIO BRANCO, ACRE**

Falberni de Souza Costa<sup>1</sup>, Maria Fernanda Zago<sup>2</sup>, Idesio Luis Franke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro agrônomo, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, falberni.costa@embrapa.br, idesio.franke@embrapa.br; <sup>2</sup>Engenheira ambiental, Rio Branco, Acre, mfernandazago@hotmail.com

**RESUMO:** Foi comparada a eficiência dos métodos Thornthwaite (T) e Hargreaves e Samani (HS) de estimativa da evapotranspiração de referência em relação ao método FAO Penman-Monteith (PM). Foram utilizados dados meteorológicos (1997-2012) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação meteorológica de Rio Branco (AC). As médias diárias mensais da evapotranspiração de referência variaram entre 1,74 e 5,55 mm dia<sup>-1</sup>. Os métodos T e HS não apresentaram bom ajuste para a escala diária, quando comparados ao método PM, com coeficientes de correlação (r) variando entre 0,52 e 0,54. O coeficiente de exatidão ou de concordância (d) variou entre 0,12 e 0,54. Em relação ao método PM, os métodos de T e HS apresentaram índice “c” com desempenho péssimo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desmatamento; agropecuária; água disponível.

## **REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION TO RIO BRANCO, ACRE**

**ABSTRACT:** The efficiency of the Thornthwaite (T) and Hargreaves and Samani (HS) methods to reference evapotranspiration estimation in relation to the FAO Penman-Monteith (PM) method was evaluated. Meteorological data (1997-2012) of the National Institute of Meteorology (Inmet) at the meteorological station of Rio Branco (AC) were used. The daily averages of the reference evapotranspiration varied between 1.74 and 5.55 mm day<sup>-1</sup>. The T and HS methods did not present a good fit for the daily scale when compared to the PM method, with correlation coefficients (r) varying between 0.52 and 0.54. The accuracy or agreement coefficient (d) presented values ranging from 0.12 to 0.54. Regarding the PM method, the T and HS methods presented a “c” index with poor performance.

**KEY-WORDS:** Deforestation; agriculture, livestock, available water.

## **INTRODUÇÃO**

A agricultura brasileira é, em grande parte do seu território, dependente de chuva natural. Nas últimas décadas o planejamento da agricultura dentro da variabilidade do padrão climático não tem sido suficiente para evitar perdas na produção (BRASIL, 2016). A frequência de eventos extremos tem aumentado, sendo necessário o conhecimento e entendimento de suas causas, para aumentar a chance de sucesso nos cultivos agrícolas (BOERS et al., 2017; MARENGO; ESPINOZA, 2015; MARENGO et al., 2011; PERALTA; MATHER, 2000). No Acre, chuvas (excesso ou déficit) fora da

*“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”*

normal climatológica têm causado perdas em vários setores da sua economia, podendo potencializar a ocorrência de pragas nas pastagens (FAZOLIN et al., 2015). São apresentadas estimativas da evapotranspiração de referência (ETP) no Estado do Acre para um município (Rio Branco, capital) de sua região mais alterada (leste) do ponto de vista da mudança do uso do solo para a produção agropecuária no período de 16 anos (1997 a 2012), visando verificar o desempenho das estimativas de ETP pelos métodos de Thornthwaite (T) e Hargreaves e Samani (HS) em relação ao método de FAO Penman-Monteith (PM). Os resultados são discutidos com base na hipótese de que, além do desmatamento ser uma das possíveis causas de mudanças espaço-temporais da ETP, em adição às variações naturais (NOBRE, 2011), é necessário o conhecimento e ajuste de equações para a estimativa de ETP com parâmetros locais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O município de Rio Branco (RBR - leste do Acre - 9°58'30"S - 67°48'36"W) está a 153 m acima do nível do mar (anm) e de acordo com Koppen-Geiger tem clima de monção (Am), com precipitação total anual maior que 1.500 mm e precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm. Os dados para as estimativas da ETP de referência foram obtidos a partir da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, da estação de RBR (9°58'29"S - 67°48'36"W, 160 m anm) (INMET, 2017). O município de RBR representa espacialmente o Acre na sua porção leste, com desmatamento acumulado até 2012 de 28,48 % de sua área total (INPE, 2017). Os cálculos foram realizados para o período de 1997 a 2012. A evapotranspiração foi calculada segundo Thornthwaite (PEREIRA et al., 2007), por não depender de muitas variáveis meteorológicas, ser adequado para regiões úmidas e por ser um dos métodos mais utilizados para o cálculo do balanço hídrico climatológico e de culturas (CECÍLIO et al., 2012; CASTRO et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2010) nas suas múltiplas interpretações e utilizações. Também pelo método de Hargreaves e Samani (1982, 1985), por ser o método utilizado na modelagem do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) pela Embrapa/Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) do Brasil. O método FAO Penman-Monteith (PM) foi considerado como de referência por integrar o maior de parâmetros para a estimativa da ETP, como o balanço de energia, a velocidade do vento e o poder evaporante do ar (FAO, 2017). O desempenho das estimativas da ETP de referência entre os métodos foi avaliado pelo teste de Willmott (1981), adotando o índice “c” como indicador do desempenho dos métodos (CAMARGO e SENTELHAS, 1997), ao considerar os índices de precisão (r) calculados pela regressão linear e de exatidão “d” pela relação entre os resultados individuais obtidos por T e HS em relação a PM.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A dinâmica da ETP diária média estimada pelos três métodos ao longo dos meses do ano é relativamente semelhante. A ETP é alta nos meses de janeiro a abril, quando começa a diminuir, com valores mínimos em julho, e a partir daí retoma valores

*“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”*

altos, com pico máximo em outubro. Entre os meses de maiores valores, o trimestre set/out/nov apresenta valores maiores do que o quadrimestre jan/fev/mar/abr (Tabela 1).

A ETP não foi semelhante entre T e HS, sendo menor e maior, respectivamente. A ETP estimada por PM ora foi menor, ora intermediária, ora maior em relação aos demais métodos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Média diária mensal, desvio padrão e coeficiente de variação da evapotranspiração de referência calculada pelos métodos de Thornthwaite (T), Hargreaves-Samani (HS) e FAO Penman-Monteith (PM). Rio Branco, AC. 1997-2012.

	ETP T	DP	CV	ETP HS	DP	CV	ETP PM	DP	CV
	(mm.dia <sup>-1</sup> )	(mm)	(%)	(mm.dia <sup>-1</sup> )	(mm)	(%)	(mm.dia <sup>-1</sup> )	(mm)	(%)
Jan	4,35	0,28	6,4	4,40	0,18	4,1	3,93	0,24	6,0
Fev	4,14	0,25	6,0	4,38	0,17	4,0	3,78	0,19	5,1
Mar	4,11	0,23	5,6	4,32	0,13	3,0	3,80	0,33	8,6
Abr	3,91	0,23	6,0	4,19	0,13	3,1	3,78	0,29	7,7
Mai	3,28	0,36	11,1	3,98	0,15	3,7	3,59	0,25	7,0
Jun	3,04	0,35	11,5	3,66	0,15	4,2	3,51	0,35	10,0
Jul	2,94	0,39	13,3	3,62	0,18	5,0	3,93	0,32	8,0
Ago	3,54	0,37	10,5	4,11	0,23	5,5	4,26	0,42	9,8
Set	4,19	0,32	7,7	4,71	0,21	4,6	4,54	0,35	7,7
Out	4,52	0,20	4,5	5,07	0,19	3,7	4,65	0,32	6,8
Nov	4,47	0,23	5,1	5,01	0,15	2,9	4,40	0,23	5,1
Dez	4,35	0,16	3,6	4,73	0,16	3,4	3,99	0,24	6,1

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

Os valores da ETP (média entre métodos e em particular os valores PM) deste trabalho estão na ordem de grandeza dos obtidos por Silva et al (2016a, 2016b), Souza (2009) e Ferraz (2008) também para Rio Branco, com diferenças associadas ao período considerado e inclusão de valores faltantes entre os trabalhos para a estimativa da ETP. A série utilizada (1997-2012) neste trabalho é completa na base de dados do Inmet, ou seja, sem falhas de observação. Os resultados deste trabalho também estão na ordem de grandeza dos obtidos por sensores instalados em torres micrometeorológicas em outros estados da Amazônia (ROCHA et al., 2009; COSTA et al., 2010).

A ETP de referência variou entre 1,74 (mínimo - T) e 5,55 mm dia<sup>-1</sup> (máximo - HS). A ETP média diária anual estimada por PM (4,01 mm dia<sup>-1</sup>) foi intermediária às estimativas por T (3,90 mm dia<sup>-1</sup>) e HS (4,35 mm dia<sup>-1</sup>). Ferraz (2008), Souza (2009) e Silva et al. (2016a, 2016b) estimaram a ETP PM para os períodos de 1981-2006 e 1980-2013, também para RBR, e verificaram média diária anual de 3,39, 3,40 e 3,54 mm dia<sup>-1</sup>.

Os métodos T e HS, em comparação a PM, apresentaram coeficientes de correlação de 0,52 e 0,54, respectivamente (Tabela 2). O coeficiente de exatidão ou de concordância (d) variou entre 0,54 (T) e 0,12 (HS). Como  $c = r * d$ , e sendo baixos os valores obtidos de “r” e “d”, os resultados obtidos para “c” indicam que, em

*“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”*

comparação ao método PM, os métodos HS e T apresentaram desempenhos iguais a 0,06 e 0,28, respectivamente, sendo considerados “péssimos” (Tabela 2).

**Tabela 2.** Coeficiente de correlação (r), índice de Willmott (d) e índice “c” utilizados para a comparação dos métodos Thornthwaite e Hargreaves e Samani em relação a FAO Penman-Monteith. Rio Branco, AC. 1997-2012.

Método	r	d	c
FAO Penman-Monteith	1,00	1,00	1,00
Thornthwaite	0,52	0,54	0,28
Hargreaves-Samani	0,54	0,12	0,06

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

## CONCLUSÃO

Assumindo que o desmatamento seja uma das causas de mudanças espaço-temporais da ETP de referência, em adição às variações naturais no Estado do Acre, e que isso tenha implicação nos resultados obtidos neste trabalho em comparação ao método padrão (PM) e a resultados da literatura, o ajuste de equações para a estimativa de ETP com parâmetros locais é necessário para se obter ETP mais exata que possa apoiar políticas públicas e privadas relacionadas ao setor rural. Nesta direção é necessário ajustar a composição instrumental das estações para inclusão de sensores de medida direta de parâmetros das equações utilizadas para a estimativa da ETP de referência.

## REFERÊNCIAS

- BOERS, N. et al. A deforestation-induced tipping point for the South American monsoon system. **Sci. Rep.** **7**, 41489; doi: 10.1038/srep41489 (2017).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**: volume 2: estratégias setoriais e temáticas: portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016/Ministério do Meio Ambiente. --. Brasília: MMA, 2016. 2 v. 295 p.
- CASTRO, F. S. et al. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, 14:871-880, 2010.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Agrometeorol.**, Santa Maria. 5:89-97, 1997.
- CECÍLIO, R. A. et al. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 47:478-488, 2012.
- COSTA, M.H. et al. Atmospheric versus vegetation controls of Amazonian tropical rain forest evapotranspiration: Are the wet and seasonally dry rain forests any different? **Journal of Geophysical Research**, 115:1-9, 2010.
- FAO. Chapter 2 - FAO Penman-Monteith equation. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

*“A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala”*

- FAZOLIN, M. et al. **Reconhecimento de artrópodes de importância econômica para o amendoim forrageiro**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2015. 64p.
- FERRAZ, P.A. **Estimativa de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para região de Rio Branco - Acre**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2008.
- HARGREAVES, G.H.; Z.A. SAMANI. Estimating potential evapotranspiration. **J. Irrig. and Drain Engr.**, 108:223-230. 1982.
- HARGREAVES, G.H. AND Z.A. SAMANI. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Transaction of ASAE**, 1(2):96-99. 1985.
- INMET. BDMEP – dados históricos de 1997 a 2012. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 11 jan. 2017.
- INPE. Prodes – dados por município até 2012. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 11 jan. 2017.
- MARENGO, J.A.; ESPINOZA, J.C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **Int. J. Climatol.**, doi: 10.1002/joc.4420 (2015).
- MARENGO, J.A. et al. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, 38: L12703 (doi:10.1029/2011GL047436), 2011.
- NOBRE, C.A. Mudanças climáticas: por trás da seca da Amazônia. **Le Monde Diplomatique Brasil**, 48 ed., São Paulo, jan. 2011. Disponível em <<http://www.diplomatique.org.br/artigo.php?id=847>>. Acesso em 24/10/2013
- PERALTA, P.; MATHER, P. An analysis of deforestation pattern in the extractive reserves of Acre, Amazonia from satellite imagery: a landscape ecological approach. **Int. J. Remote Sensing**, 21:2555-2570, 2000.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. **Meteorologia Agrícola**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, SP. 2007. 192p.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, 41:341-348, 2010.
- ROCHA, H.R. et al. Evapotranspiration. In: KELLER, M. et al. **Amazonia and global change**. (Geophysical monograph ; 186). 2009. p.261-272.
- SILVA, H.J.F. et al. Trend analysis of the reference evapotranspiration for the southwestern Amazon, Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, 5:270-282, 2016a.
- SILVA, H.J.F. et al. Análise mensal, sazonal e interanual da Evapotranspiração potencial para o leste do estado do Acre, Brasil. **Ciência e natureza**, 38:326-340, 2016b.
- SOUZA, M.L.A. **Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em Rio Branco, Acre**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Acre, Rio Branco – Acre, 2009.
- WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Phys. Geogr.**, 2:184-194, 1981.