

## ESTIMATIVAS DA RADIAÇÃO DE ONDA LONGA ATMOSFÉRICA EM ÁREA DE PASTAGEM NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

CARLOS DIAS<sup>1</sup>; LEONARDO JOSÉ GONÇALVES AGUIAR<sup>2</sup>; GRACIELA REDIES FISCHER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. [carlosdias87@gmail.com](mailto:carlosdias87@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. [veraneiro@yahoo.com.br](mailto:veraneiro@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. [graciela\\_fischer@yahoo.com.br](mailto:graciela_fischer@yahoo.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Radiação de onda longa atmosférica, compreendida entre 4 e 100  $\mu\text{m}$ , é denominada de fluxo radiante de energia resultante da emissão dos gases atmosféricos e de superfícies líquidas e sólidas do planeta (GALVÃO e FISCH, 2000). A radiação de onda longa proveniente da atmosfera é a componente do balanço de radiação mais difícil de ser medida. Embora haja instrumentos para sua medida, esses emitem radiação em comprimentos de onda e intensidade comparáveis aos da suposta medida (VON RANDOW e ALVALÁ, 2006), necessitando assim, de correções realizadas a partir da temperatura desses instrumentos.

Na Região Amazônica é muito difícil ter medidas regulares de radiação de onda longa da atmosfera, mesmo sendo esta uma variável importante no cálculo do balanço de radiação à superfície, pois representa a contribuição da atmosfera e engloba informações de nebulosidade e concentração de vapor d'água (GALVÃO e FISCH, 2000; AGUIAR et al., 2011). A maioria dos resultados publicados do balanço de radiação de ondas longas é estimada ou obtida como resíduo a partir da equação do balanço de radiação, tais como os estudos realizados por MANZI et al. (1986), CULF et al. (1996) e RESCHKE (1996), na floresta Amazônica.

Outro recurso para a obtenção desses dados é por meio de equações empíricas e analíticas que estimam a radiação de onda longa atmosférica por meio de valores de temperatura do ar e de pressão de vapor d'água medidos ao nível do abrigo meteorológico (PRATA, 1996). Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de modelos empíricos que estimam a radiação de onda longa atmosférica, em uma área de pastagem no sudoeste da Amazônia.

### 2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado através de dados de um sítio de pastagem em Rondônia, localizado na Fazenda Nossa Senhora (FNS) (10°45'S; 62°21'W, 290 m), próximo a Ouro Preto d'Oeste, e encontra-se no centro de uma área desmatada com aproximadamente 50 km de raio. Tem como cobertura vegetal predominante a gramínea *Brachiaria brizantha* (AGUIAR et al., 2011).

Foram utilizadas medições contínuas de radiação de onda longa atmosférica ( $L_{in}$ ), por um pirgeômetro CG1 (Kipp&Zonen); temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR). As leituras foram realizadas numa torre micrometeorológica, com 10 m de altura em intervalos de 30 segundos, e médias armazenadas a cada 10 minutos em um datalogger CR10X. O período dos dados utilizado no trabalho foi de 49 dias (12/08/2007 a 20/09/2007), no entanto foram utilizados apenas os dias de céu claro ou com pouca nebulosidade, em vista de que as equações são recomendadas para

estimar  $L_{in}$  em dias de céu claro. Desta forma, foram utilizados valores médios diários de  $L_{in}$  nos dias caracterizados como de céu claro ou com poucas nuvens, ou seja, os que tiveram valores da razão entre a irradiância solar global e a radiação solar extraterrestre ( $R_o$ ) superiores a 0,5. Assim retirando os dias nublados restaram 15 dias de dados para realizar as estimativas de  $L_{in}$ .

A pressão de saturação do vapor d'água ( $e_s$ , em hPa), foi calculada a partir da equação de Tetens (1930) para temperatura maior ou igual a 0 °C. A pressão do vapor d'água ( $e$ ) foi calculada utilizando  $e_s$  e a umidade relativa do ar (UR). As equações para estimar a radiação de onda longa atmosférica são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Equações utilizadas para estimar a radiação de onda longa atmosférica, em que  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann ( $5,6697 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ), e a pressão de vapor d'água (hPa),  $T$  a temperatura do ar (K) e  $\xi = 46,5$  (e/T).

Equações	Parametrização
Brunt (1932)	$L_{in} = [0,065(e^{0,5}) + 0,52] \sigma T^4$
Swinbank (1963)	$L_{in} = [9,2 \times 10^{-6}] \sigma T^6$
Idso e Jackson (1969)	$L_{in} = \{1 - 0,26 \exp[-7,77 \times 10^{-4} (273 - T)^2]\} \sigma T^4$
Brutsaert (1975)	$L_{in} = [1,24 (e/T)^{1/7}] \sigma T^4$
Satterlund (1979)	$L_{in} = \{1,08 [1 - \exp(-e^{T/2016})]\} \sigma T^4$
Idso (1981)	$L_{in} = [0,7 + 5,95 \times 10^{-5} (e \exp(1500/T))] \sigma T^4$
Prata (1996)	$L_{in} = \{1 - (1 + \xi) \exp[-(1,2 + 3\xi)]\} \sigma T^4$

O desempenho dos modelos utilizados para estimar a  $L_{in}$  foi avaliado estatisticamente através da utilização da raiz do erro médio quadrático (RMSE, em inglês), do erro médio de viés (MBE, em inglês), do erro médio absoluto (MAE) e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações de estimativa da radiação de onda longa apresentaram, em geral, bom desempenho, com erros variando de 21,70 a 84,56  $\text{W m}^{-2}$  (RMSE), -4 a 83,62  $\text{W m}^{-2}$  (MBE), 11,14 a 83,62  $\text{W m}^{-2}$  (MAE) e coeficiente de determinação entre 0,67 a 0,99 (Tabela 2). As equações que melhor estimaram a  $L_{in}$  foram as de Idso e Jackson (1969) e de Satterlund (1979), não havendo um melhor desempenho das equações que utilizam a pressão de vapor d'água, como encontrado por Aguiar et al. (2011) para este mesmo sítio experimental e Von Randow e Alvalá no Pantanal Sul Mato-grossense.

As equações que apresentaram pior desempenho foram as de Brutsaert (1975) e Idso (1981), contrariando os resultados encontrados por Aguiar et al. (2011), os quais indicavam estas equações, juntamente com a de Prata (1996), como sendo as de melhor desempenho para a estimativa da  $L_{in}$  no sudoeste da Amazônia. Essas alterações nos desempenhos das equações podem estar relacionadas a diferenças nas condições atmosféricas, em que nos anos de 2005 e 2006 favoreceram as equações de Brutsaert (1975) e Idso (1981) e em 2007 desfavoreceram-nas.

Tabela 2. Estatísticas relacionando os valores da radiação de onda longa atmosférica observados e estimados. A raiz do erro médio quadrático (RMSE), o erro de viés médio (MBE) e o erro médio absoluto (MAE) estão em  $W m^{-2}$ , o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) é adimensional.

<b>Equação</b>	<b>RMSE</b>	<b>MBE</b>	<b>MAE</b>	<b><math>r^2</math></b>
Brunt (1932)	35,55	33,60	33,60	0,99
Swinbank (1963)	21,70	-4,88	14,84	0,77
Idso e Jackson (1969)	22,74	6,95	11,14	0,99
Brutsaert (1975)	35,94	34,17	34,17	0,78
Satterlund (1979)	22,64	17,90	17,90	0,98
Idso (1981)	84,56	83,62	83,62	0,67
Prata (1996)	30,39	28,19	28,19	0,83

O resultado encontrado neste trabalho indica a necessidade de se realizar uma análise com um período maior de dados. Isso possibilitaria avaliar o desempenho das equações com uma maior variação das condições atmosféricas, bem como indicar com mais confiança as equações que melhor estimam a  $L_{in}$  no sudoeste da Amazônia.

#### 4. CONCLUSÕES

As equações de Idso e Jackson (1969) e Satterlund (1979) foram as que apresentaram melhor desempenho na estimativa da  $L_{in}$ . Entretanto, são necessários mais estudos, com um período de dados mais longo, para que se possa indicar com mais confiança quais equações apresentam melhores estimativas da  $L_{in}$  para o sudoeste da Amazônia.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L.J.G. et al. Estimativa da Radiação de Onda Longa Atmosférica em Áreas de Floresta e de Pastagem no Sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, p. 215-224, 2011.

BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quarterly Journal Resource Meteorological Society**, v. 58, p. 389-418, 1932.

BRUTSAERT, W. On a derivable formula for long-wave radiation from clear skies. **Water Resources Research**, v. 11, n. 5, p. 742-744, 1975.

CULF, A.D. et al. Radiation, temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. In: Amazonian deforestation and climate (eds. J.H.C. Gash, C. A. Nobre, J. M. Roberts, R. L. Victoria). **Chichester**: John Wiley, p. 175-191, 1996.

GALVÃO, J.A.C.; FISCH, G. Balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2000.

IDSO, S.B.; JACKSON R.D. Thermal radiation from the atmosphere. **Journal Geophysics Research**, v. 74, n. 23, p. 5397-5403, 1969.

IDSO, S.B. A set of equations for full spectrum and 8 to 14  $\mu\text{m}$  and 10.5 to 12.5  $\mu\text{m}$  thermal radiation from cloudless skies. **Water Resources Research**, v. 17, n. 2, p. 295-304, 1981.

MANZI, A.O. et al. **Um estudo sobre o balanço de radiação da floresta Amazônica**. São José dos Campos. (INPE-3956-PRE/974). 1986.

PRATA, A.J. A new long-wave formula for estimating downward clear-sky radiation at the surface. **Quarterly Journal Resource Meteorological Society**, v. 122, p. 1127-1151, 1996.

RESCHKE, G.A. **Influência do desmatamento no balanço de radiação e nos fluxos de calor sensível e calor latente em Ji-Paraná, Rondônia**. 1996. 51 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

SATTERLUND, D.R. An improved equation for estimating long-wave radiation from the atmosphere. **Water Resources Research**, v. 15, p. 1649-1650, 1979.

SWINBANK, W.C. Long-Wave Radiation from clear skies. **Quarterly Journal Resource Meteorological Society**, v. 89, n. 381, p. 339-348, July. 1963.

TETENS, O. Uber cinige meterorologische Begriffe. Z. **Geophys.**, n.6, p. 297-309, 1930.

VON RANDOW, R.C.S.; ALVALÁ, R.C.S. Estimativa da radiação de onda longa atmosférica no Pantanal Sul Mato-Grossense durante os períodos secos de 1999 e 2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 398-412, 2006.