

ESTIMATIVAS DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL A PARTIR DE TEMPERATURAS DO AR MÁXIMA E MÍNIMA EM RONDÔNIA

GRACIELA R. FISCHER ¹, LEONARDO J. G. AGUIAR ², RENATA G. AGUIAR ³,
MARCOS H. COSTA ⁴

¹ Meteorologista, Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola, UFV-Viçosa-MG, Fone (0xx31) 38991902, e-mail: graciela_fischer@yahoo.com.br

² Matemático, Doutorando em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola, UFV-Viçosa-MG.

³ Matemática, Prof. Assistente, Depto. Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia – Ji-Paraná-RO.

⁴ Engenheiro Agrícola, Prof. Titular Ph.D., Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – Viçosa-MG.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia- 22 a 25 setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

RESUMO: Medições da radiação solar global (R_s) são bastante limitadas em muitas regiões e uma das alternativas para se obter esses valores é através de estimativas realizadas a partir de variáveis climáticas mais frequentemente medidas, como a temperatura do ar. Neste contexto, este trabalho visa obter estimativas de R_s através da diferença entre as temperaturas máximas e mínimas e comparar com valores medidos, bem como obtidos a partir de uma equação sugerida pela FAO56. O estudo foi realizado em dois sítios experimentais pertencentes à rede de torres do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA, em Rondônia, sendo um sítio de pastagem e outro de floresta. O ano de 2004 foi utilizado para construção das equações de estimativas e o ano de 2006 para validação das mesmas. A Raiz do erro quadrático médio variou de 29,5 a 48,81 Wm^{-2} na pastagem e de 28,03 a 46,21 Wm^{-2} na floresta. O erro médio de viés obteve valores tanto positivos quanto negativos. O coeficiente de determinação obteve os melhores resultados nas estações chuvosa para a pastagem e seca-chuvosa para a floresta e os piores na estação seca. As equações utilizadas para estimar a R_s tiveram bom desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: Região Amazônica, variáveis climáticas.

ESTIMATION OF GLOBAL SOLAR RADIATION THROUGH MAXIMUM AND MINIMUM AIR TEMPERATURE IN RONDONIA

ABSTRACT: Global solar radiation (R_s) measurements are very limited on several regions and one alternative to obtain these values is through estimates accomplished by climatic variables that are frequently measured, for instance, air temperature. In this context, the objective is to obtain R_s estimates, through of the difference between maximum e minimum air temperature and compare with measured values, as well as values obted by equation suggest by the FAO56. This study was accomplished on two experimental sites belonging the network towers of The Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA), in Rondonia, one site is the pasture, situated in the Fazenda Nossa Senhora (FNS) e another site of the forest, located in the Reserva Biológica do Jaru (Rebio). The year 2004 was used to form estimates equations and 2006 to validate these equations. Mean square error (MSE) change between 29,5 to 48,81 Wm^{-2} in FNS and 28,03 to 46,21 Wm^{-2} in Rebio. Mean bias error (MBE) had values positives and negatives. The determination coefficient obtained the best results on wet season to FNS e dry-wet season to Rebio and the worst results on dry season to both sites. The equations used to estimate R_s had a good performance.

KEYWORDS: Amazonia Region, climatic variables.

INTRODUÇÃO: A radiação solar global (R_s) é considerada uma das variáveis meteorológicas de extrema importância na aplicação de diversos estudos agrometeorológicos, como em simulações de crescimento de plantas, estimativas de evaporação e evapotranspiração. A radiação solar global é também um importante parâmetro de entrada em vários modelos, principalmente por seus efeitos sobre a fotossíntese e transpiração. Apesar da importância da radiação solar global, suas medições são bastante escassas em muitas regiões, devido ao fato de que muitas estações meteorológicas não possuem os instrumentos necessários para realizá-las, apenas medindo outras variáveis, como temperatura do ar e precipitação, ou em outros casos quando existem os equipamentos que medem a radiação solar, estes muitas vezes apresentam falhas em suas medições, sendo necessária outra forma de se obter tais valores. Assim, uma das alternativas para se obter essa informação é através de estimativas realizadas a partir de variáveis climáticas mais comumente medidas, como por exemplo, a temperatura do ar. A FAO 56 desenvolveu alguns métodos de estimativa da radiação solar global, dentre elas a que utiliza a diferença entre as temperaturas do ar máxima e mínima (ALLEN et al., 1998). Este trabalho visa obter estimativas de R_s através da diferença entre as temperaturas máximas e mínimas e comparar com valores medidos, bem como obtidos a partir de uma equação sugerida pela FAO56.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em dois sítios experimentais pertencentes à rede de torres do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA, em Rondônia, sendo um sítio de pastagem, situado na Fazenda Nossa Senhora (FNS) (10°45'S; 62°21'W), e outro de floresta, localizado na Reserva Biológica do Rio Jaru (Rebio) (10°4'48'' S; 61°55'48'' W). Foram realizadas medições contínuas de irradiância solar global (S_{in}), através de um piranômetro Kipp&Zonen (CM21), e temperatura do ar (T), utilizando um Termohigrômetro Vaisala (HMP45D), com valores médios a cada 10 minutos, nos anos de 2004 e 2006. O ano de 2004 foi utilizado para construção das equações de estimativa e o ano de 2006 para validação das mesmas. As equações de estimativa da radiação solar global foram geradas através de regressões lineares simples entre a S_{in} medida e a diferença entre as temperaturas do ar máxima e mínima (Equação 1) e entre a S_{in} e a raiz da diferença entre as temperaturas do ar máxima e mínima (Equação 2). Uma terceira equação foi avaliada, sendo esta a equação proposta pela FAO56 (Equação 3).

Para avaliar as equações utilizadas foram calculados a raiz do erro médio quadrático (em inglês, RMSE), o erro médio de viés (em inglês, MBE) e o Coeficiente de determinação (r^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 apresenta os valores da raiz do erro médio quadrático (RMSE), erro médio de viés (MBE) e coeficientes de determinação (r^2) para os sítios estudados. O RMSE variou de 29,5 a 48,81 $W m^{-2}$ na pastagem e de 28,03 a 46,21 $W m^{-2}$ na floresta. O MBE obteve valores tanto positivos quanto negativos, variando de -34,74 a 0,52 $W m^{-2}$ na pastagem e de -33,11 a 12,77 $W m^{-2}$ na floresta, havendo tanto subestimativa como superestimativa da R_s . Entretanto, os valores negativos prevaleceram, indicando que as equações tendem mais a subestimar a radiação solar global. O coeficiente de determinação obteve os melhores resultados nas estações chuvosa para o sítio de pastagem e seca-chuvosa para o de floresta. Nota-se ainda que a estação seca obteve os valores mais baixos do coeficiente de determinação, apontando esta estação como a de pior desempenho para todas as equações utilizadas. Esse pior desempenho na estação seca deve-se provavelmente à

diferenças na composição atmosférica no ano de 2006 em relação a 2004, principalmente na quantidade de aerossóis provenientes de queimadas, o que estaria modificando a relação entre a temperatura do ar e a radiação solar global estabelecida para o ano de 2004. Comparando as equações de estimativa da radiação solar nota-se que, em geral, a equação 2 tem os melhores desempenhos, sendo que os piores resultados geralmente são obtidos pela equação sugerida pela FAO56. Outros autores como, Meza e Varas (2000) e Rivington et al. (2005), embora utilizando modelos empíricos com metodologias um pouco diferentes, encontraram bons resultados na estimativa da R_s . Diodato e Bellocchi (2007) obtiveram resultados aceitáveis na estimativa da R_s , mas ressaltam que deve-se ter cuidado ao utilizá-los devido a sua variação da performance ao longo do ano, assim como o observado neste trabalho.

Tabela 1: Valores da raiz do erro médio quadrático (em inglês, RMSE), erro médio de viés (em inglês, MBE) e coeficiente de determinação (r^2), para o sítio de pastagem e floresta.

Estação	Equações	RMSE		MBE		r^2	
		Pastagem	Floresta	Pastagem	Floresta	Pastagem	Floresta
Chuvosa	1	34,08	36,91	-1,26	12,77	0,62	0,65
	2	33,97	36,26	0,42	12,29	0,63	0,66
	3	39,27	39,54	-1,37	3,47	0,61	0,65
Chuvosa – Seca	1	36,07	28,49	-5,72	-3,25	0,45	0,61
	2	33,63	28,03	-6,33	-2,09	0,51	0,63
	3	48,81	46,21	-34,74	-30,9	0,50	0,56
Seca	1	29,89	36,22	-5,12	-24,26	0,12	0,09
	2	29,5	37,69	-5,02	-22,74	0,14	0,17
	3	30,13	44,69	-9,61	-33,11	0,18	0,13
Seca - Chuvosa	1	34,65	30,1	-3,85	-2,47	0,59	0,69
	2	34,89	29,9	-2,32	-1,62	0,59	0,69
	3	39,14	34,95	0,52	4,14	0,61	0,70

As Figuras 1 e 2 nos mostram a radiação solar global observada e estimada pelas Eq. 1, que estimam a radiação solar global através da diferença entre as temperaturas do ar máxima e mínima, Eq. 2, que estimam através da raiz da diferença entre as temperaturas do ar máxima e mínima, e Eq. 3, sugerida pela FAO56, que estima a R_s através da diferença entre as temperaturas do ar máxima e mínima. Pode-se observar nas Figuras 1 e 2 que as equações de estimativa da radiação solar global tiveram melhor desempenho nas estação chuvosa e na estação de transição seca-chuvosa, nos dois sítios estudados, havendo um maior distanciamento entre os valores estimados e os observados nesses períodos.

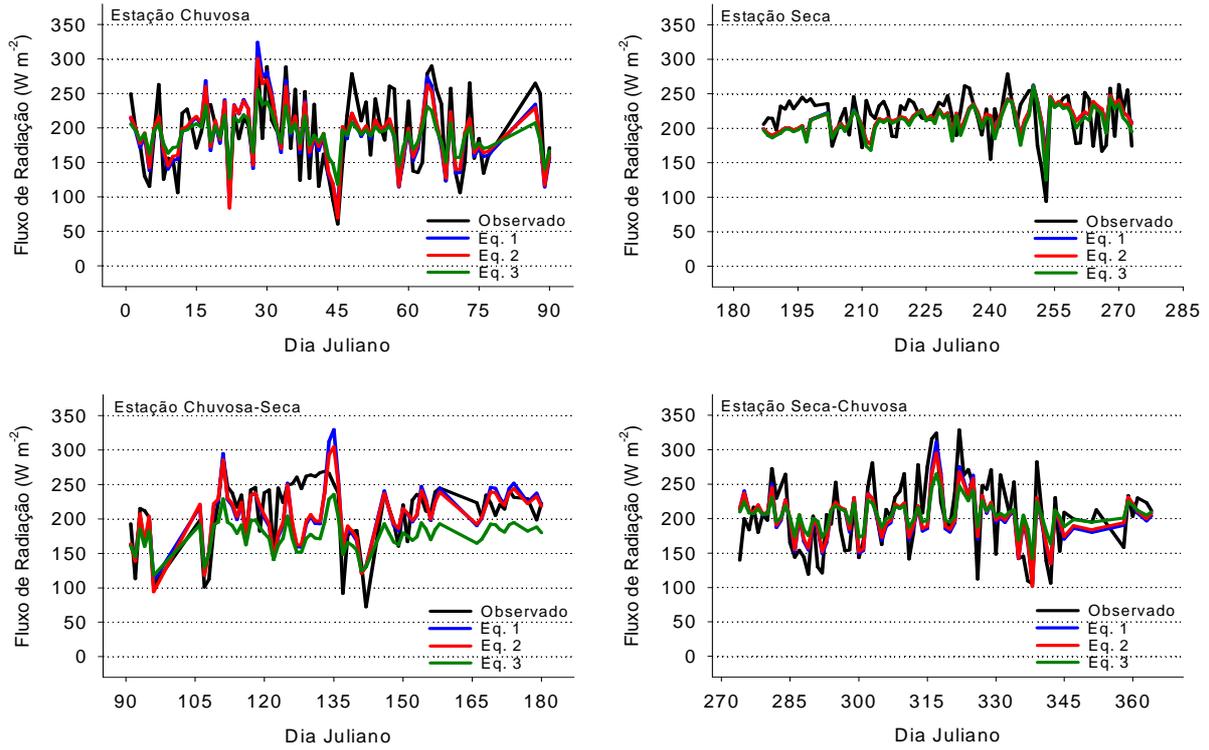


Figura 1: Valores médios diários da radiação solar global observada e estimada pelas equações no sítio de pastagem.

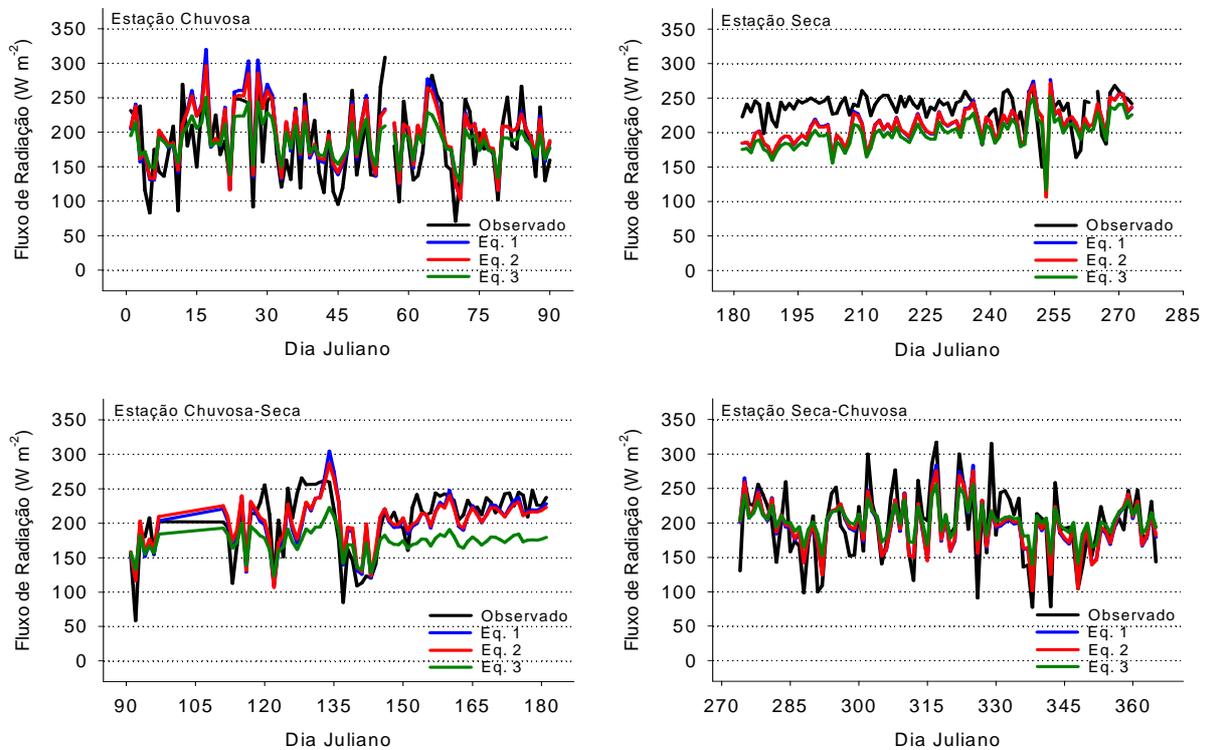


Figura 2: Valores médios diários da radiação solar global observada e estimada pelas equações no sítio de floresta.

As equações de estimativa da radiação solar global utilizadas nesse trabalho são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2. Equações de estimativa da radiação solar global.

Estações		Pastagem	Floresta
Chuvosa	Eq. 1	$y=0,0562x+0,028$	$y=0,055x+0,0593$
	Eq. 2	$y=0,2697x-0,283$	$y=0,2576x-0,2322$
Chuvosa-Seca	Eq. 1	$y=0,0476x+0,1158$	$y=0,0543x+0,0675$
	Eq. 2	$y=0,2677x-0,2495$	$y=0,2831x-0,2843$
Seca	Eq. 1	$y=0,0199x+0,3246$	$y=0,0313x+0,2127$
	Eq. 2	$y=0,1356x+0,0961$	$y=0,1951x-0,0882$
Seca-Chuvosa	Eq. 1	$y=0,0474x+0,0593$	$y=0,0433x+0,0909$
	Eq. 2	$y=0,2514x-0,2654$	$y=0,2382x-0,2302$
Equação FAO		$R_s=0,16*Ra*(T_{max}-T_{min})^{1/2}$	

CONCLUSÕES: As equações utilizadas para estimar a R_s tiveram bom desempenho, sendo que os melhores resultados foram obtidos pela equação que estima a radiação solar global através da raiz da diferença entre as temperaturas do ar máxima e mínima. Os piores resultados foram obtidos pela equação da FAO56 em ambos os sítios. Os melhores resultados foram encontrados na estação chuvosa e nas estações de transição, sendo que na estação seca foram obtidos os piores resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. et al. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements., 1998. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, 1998, 309p.

DIODATO, N.; BELLOCCHI, G. Modelling solar radiation over complex terrains using monthly climatological data. **Agricultural and Forest Meteorology**. 144, 111-126, 2007.

MEZA, F.; VARAS, E. Estimation of mean monthly solar global radiation as a function of temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**. 100, 231-241, 2000.

RIVINGTON, M. et al. Evaluation of three model estimations of solar radiation at 24 UK stations. **Agricultural and Forest Meteorology**. 132, 228-243, 2005.