



EVOLUÇÃO MÉDIA MENSAL HORÁRIA DA RADIAÇÃO GLOBAL E DO COEFICIENTE DE TRANSMISSIVIDADE ATMOSFÉRICA PARA NOROESTE DO MATO GROSSO

TAMARA ZAMADEI¹, CÁTIA C. DA SILVA², NAIARA V. DOS S. WALTHER³,
ADILSON P. DE SOUZA⁴

¹ Mestranda em Ciências Ambientais, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, UFMT, Sinop-MT, Av. Alexandre Ferronato 1200, Distrito Industrial, 78557-267, e-mail: tamarazamadei@hotmail.com.

² Graduanda em Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Sinop-MT.

³ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Sinop-MT.

⁴ Prof. Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Sinop-MT, e-mail: adilsonpacheco@ufmt.br.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

RESUMO: Objetivou-se analisar a evolução média mensal horária da radiação global e da transmissividade atmosférica, assim como a frequência do coeficiente de transmissividade atmosférica (K_T) conforme as condições de céu para o município de Juína, Estado de Mato Grosso. Os dados de radiação solar global, referentes ao período de 24 de outubro de 2007 a 29 de janeiro de 2013, foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a estação A 920 (latitude $-11,3750^\circ$; longitude $-58,7750^\circ$; e altitude: 374m). Foram obtidos valores da radiação solar no topo da atmosfera e do K_T através de equações temporais com agrupamentos de dados mensais horários e correções de falhas nas bases de dados da região. A região de Juína, MT, apresentou variabilidade das médias mensais horárias da radiação global e do coeficiente de transmissividade atmosférica devido às mudanças no regime pluviométrico, modificações na composição da atmosfera e sazonalidade. Conforme a frequência do K_T , a condição de céu nublado prevaleceu durante o período de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: radiação solar, sazonalidade, condições de céu.

HOURLY MONTHLY EVOLUTION OF GLOBAL RADIATION AND COEFFICIENT ATMOSPHERIC TRANSMISSIVITY COEFFICIENT FOR NORTHWEST OF MATO GROSSO STATE, BRAZIL

ABSTRACT: The study analyzed the evolution hourly monthly average of the global radiation and atmospheric transmissivity (clearness index), besides of the frequency of atmospheric transmissivity coefficient according to sky conditions of Juína, Mato Grosso State, Brazil. Data of global solar radiation for the period of 2007, October 24th to 2013, January 29th was obtained with the National Institute of Meteorology (INMET) for A920 station (latitude: -11.3750° ; longitude: -58.7750° ; e altitude: 374m above sea level). It was employed temporal equations with groupings of hourly monthly data and corrections of errors





to obtain the values of solar radiation at the top of the atmosphere and the K_T . The city of Juína – MT showed variability of hourly monthly average global radiation and atmospheric transmissivity coefficient due to changes in rainfall, in atmospheric composition and seasonality. According to K_T frequency, the cloudy sky condition prevailed during the period.
KEYWORDS: solar radiation, seasonality, sky conditions.

INTRODUÇÃO

A radiação solar, ao atravessar a camada atmosférica, sofre atenuação pelos processos físicos da reflexão, absorção e difusão, oriundos do contato entre as ondas eletromagnéticas e os constituintes da atmosfera (LIU, 2002). A quantidade de radiação global incidente em qualquer localidade na superfície terrestre depende basicamente dos fatores astronômicos, geográficos e das características climáticas locais (TERAMOTO, 2010). O coeficiente de transmissividade atmosférica (K_T) é obtido através da relação entre a irradiação global H_G , e a irradiação no topo da atmosfera H_0 , variando de acordo com a quantidade de nuvens e aerossóis na atmosfera, possibilitando a classificação do céu quanto a sua nebulosidade. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) possui uma rede de estações meteorológicas automáticas distribuídas em 33 municípios no estado de Mato Grosso. Em geral, as regiões Norte e Noroeste do estado apresentam um clima classificado como tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas: chuvosa de outubro a abril e seca de maio a setembro, com temperaturas médias anuais em torno de 24,0 °C e precipitação pluvial anual entre 1850 e 2400 mm, que propiciam variações da umidade relativa do ar entre 80 e 35% para os períodos chuvosos e secos, respectivamente. As duas regiões supracitadas apresentam como padrões de vegetação a floresta amazônica, cerrado e uma faixa de transição Cerrado – Amazônia (SOUZA et al., 2012). Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variação das médias mensais horárias da radiação global e da transmissividade atmosférica, assim como a variação nas condições de céu conforme a frequência do K_T no município de Juína – MT.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de radiação solar global, expressos em W/m^2 , referentes ao período de 24 de outubro de 2007 a 29 de janeiro de 2013, foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O INMET possui uma estação meteorológica automática no município de Juína – MT, localizada na latitude 11°22'30" S, longitude 58°46'30" O e altitude de 374 m. Normalmente na sua rede de estações os valores dos elementos meteorológicos são observados a cada minuto e armazenados em valores horários. A obtenção da radiação no topo da atmosfera diária foi dada pela integração entre o nascer e o pôr do sol dos valores da radiação incidente no topo da atmosfera na partição horária, que por sua vez, foi estimada pela equação de Iqbal (1983). A transmissividade atmosférica foi obtida através da razão entre a radiação global e a radiação incidente no topo da atmosfera. A base de dados foi inspecionada e os valores discrepantes foram removidos das séries, assim como os valores de K_T acima de 0,82, pelo fato de não ocorrer uma sequência lógica de evolução das três





radiações em função da transmissividade atmosférica. Na análise das evoluções foram obtidas as médias mensais horárias da radiação no topo da atmosfera, radiação global e coeficiente de transmissividade (K_T). A classificação da cobertura de céu em função do coeficiente de transmissividade empregada neste trabalho seguiu a proposta de Escobedo et al. (2009), dada pela seguinte classificação para a partição diária: $\leq 0,35$, a radiação direta é praticamente nula, sendo a radiação global igual à radiação difusa (céu nublado); $0,35 \leq \leq 0,55$, a radiação global é composta principalmente pela fração difusa e em menor escala pela radiação direta (céu parcialmente difuso); $0,55 \leq \leq 0,65$, é o inverso do segundo intervalo, visto que a radiação difusa diminui gradativamente (céu parcialmente aberto); $>0,65$, a radiação global possui a maior parcela composta pela radiação direta e mínima difusa, portanto, a cobertura do céu é considerada aberta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a evolução diurna da radiação global e no topo da atmosfera média horária para a superfície horizontal. A variabilidade entre as curvas médias diurnas ao longo do ano mostra como a composição atmosférica (nuvens, vapor de água e aerossóis) interfere na transmissão da radiação global. Os níveis energéticos no topo da atmosfera local possuem valores médios máximos e mínimos ao meio dia solar de $5,03$ e $3,93 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ nos meses de fevereiro e junho, decorrentes da variação astronômica do Sol ao longo do ano, enquanto que a média anual nesse mesmo horário encontra-se em torno de $4,63 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.



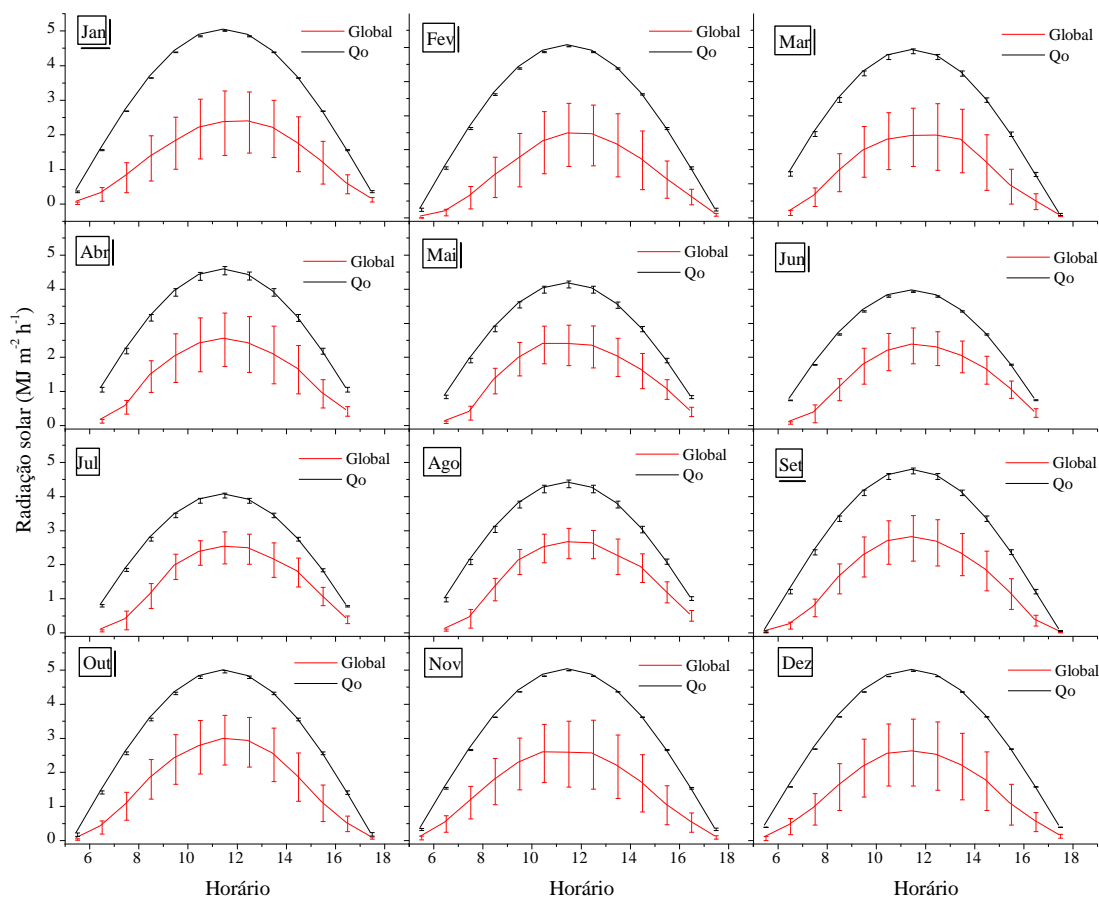


Figura 1. Evolução diária da radiação global e do topo da atmosfera média mensal horária dos meses de janeiro a dezembro e seus respectivos desvios.

Os valores médios da radiação global são maiores quando o Sol declina mais próximo da latitude local (hemisfério sul) nos meses de outubro a março. Os desvios da radiação global foram menores nos meses de julho e agosto (período seco) indicando menores variações da cobertura de céu. Os maiores desvios da radiação global podem ser observados durante os meses do período chuvoso (outubro-abril) e os de transição entre as duas estações, devido ao fato de que o vapor d'água presente na atmosfera e a nebulosidade ocasionam maior absorção e espalhamento da radiação global. Neste período, os desvios mensais médios da radiação global variam de 0,61 em dezembro a 0,50 em outubro. A observação do comportamento do coeficiente de transmissividade atmosférica melhora o entendimento das variações da radiação global, relacionada tanto com a sazonalidade, quanto com as condições atmosféricas do local. Os valores de $\langle K_T^h \rangle$ médios mensais e os desvios são apresentados na Tabela 1.



XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



Tabela 1. Evolução diurna do coeficiente de transmissividade atmosférica médio mensal horário $\langle K_T^h \rangle$, (em MJ m⁻² h⁻¹), dos meses de janeiro a dezembro, em Juína – MT.

Horário	Meses					
	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun
5,5	0,065 ± 0,09	0,009 ± 0,01	--	--	--	--
6,5	0,176 ± 0,13	0,107 ± 0,07	0,115 ± 0,06	0,122 ± 0,05	0,113 ± 0,04	0,098 ± 0,05
7,5	0,284 ± 0,16	0,227 ± 0,13	0,248 ± 0,11	0,245 ± 0,09	0,189 ± 0,11	0,194 ± 0,15
8,5	0,363 ± 0,18	0,329 ± 0,16	0,384 ± 0,16	0,454 ± 0,15	0,460 ± 0,13	0,393 ± 0,12
9,5	0,401 ± 0,17	0,388 ± 0,18	0,457 ± 0,18	0,508 ± 0,18	0,549 ± 0,14	0,519 ± 0,16
10,5	0,447 ± 0,18	0,453 ± 0,19	0,478 ± 0,18	0,541 ± 0,18	0,592 ± 0,13	0,570 ± 0,15
11,5	0,466 ± 0,19	0,485 ± 0,18	0,483 ± 0,17	0,553 ± 0,17	0,569 ± 0,14	0,596 ± 0,14
12,5	0,486 ± 0,18	0,497 ± 0,18	0,502 ± 0,21	0,543 ± 0,19	0,579 ± 0,15	0,596 ± 0,13
13,5	0,495 ± 0,19	0,486 ± 0,21	0,532 ± 0,22	0,529 ± 0,21	0,565 ± 0,16	0,600 ± 0,14
14,5	0,474 ± 0,22	0,466 ± 0,24	0,470 ± 0,24	0,521 ± 0,22	0,564 ± 0,18	0,609 ± 0,15
15,5	0,445 ± 0,23	0,428 ± 0,21	0,374 ± 0,21	0,430 ± 0,19	0,556 ± 0,15	0,591 ± 0,14
16,5	0,364 ± 0,17	0,418 ± 0,15	0,371 ± 0,18	0,393 ± 0,13	0,476 ± 0,16	0,494 ± 0,17
17,5	0,350 ± 0,17	0,385 ± 0,16	0,517 ± 0,07	--	--	--
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5,5	--	--	0,160 ± 0,09	0,159 ± 0,09	0,226 ± 0,17	0,155 ± 0,16
6,5	0,079 ± 0,04	0,084 ± 0,03	0,174 ± 0,07	0,274 ± 0,13	0,318 ± 0,16	0,261 ± 0,15
7,5	0,198 ± 0,15	0,200 ± 0,13	0,311 ± 0,10	0,394 ± 0,16	0,420 ± 0,18	0,343 ± 0,17
8,5	0,394 ± 0,13	0,419 ± 0,10	0,473 ± 0,13	0,506 ± 0,16	0,479 ± 0,19	0,433 ± 0,19
9,5	0,563 ± 0,11	0,554 ± 0,10	0,542 ± 0,14	0,552 ± 0,17	0,516 ± 0,17	0,489 ± 0,20
10,5	0,604 ± 0,09	0,587 ± 0,10	0,578 ± 0,14	0,571 ± 0,16	0,529 ± 0,18	0,521 ± 0,19
11,5	0,620 ± 0,12	0,600 ± 0,10	0,584 ± 0,14	0,595 ± 0,15	0,509 ± 0,19	0,519 ± 0,20
12,5	0,633 ± 0,11	0,614 ± 0,10	0,576 ± 0,15	0,602 ± 0,15	0,522 ± 0,21	0,515 ± 0,21
13,5	0,620 ± 0,15	0,595 ± 0,14	0,559 ± 0,15	0,583 ± 0,18	0,496 ± 0,21	0,499 ± 0,22
14,5	0,645 ± 0,15	0,627 ± 0,14	0,543 ± 0,17	0,524 ± 0,20	0,463 ± 0,23	0,480 ± 0,24
15,5	0,580 ± 0,15	0,571 ± 0,15	0,483 ± 0,19	0,426 ± 0,21	0,390 ± 0,21	0,395 ± 0,22
16,5	0,492 ± 0,13	0,497 ± 0,16	0,299 ± 0,13	0,346 ± 0,16	0,345 ± 0,18	0,344 ± 0,18
17,5	--	--	0,180 ± 0,09	0,375 ± 0,14	0,285 ± 0,15	0,320 ± 0,14

Os maiores valores de $\langle K_T^h \rangle$ são observados quando o Sol se apresenta posicionado a 45° em relação à superfície terrestre, sendo superiores nos meses de verão (período seco). Os maiores desvios foram observados no período da tarde, principalmente no verão, indicando o aumento do conteúdo de vapor d'água na atmosfera decorrente do processo de evapotranspiração ocorrido na região ao longo dos demais horários. Durante os meses de março a setembro o fotoperíodo é menor do que no restante do ano. Conforme pode ser observado na Tabela 2, as maiores frequências de céu claro ocorreram nos meses de maio, junho e julho (período seco), já no período de novembro a março observa-se condição de céu nublado (período chuvoso). Durante o período estudado (10/2007-01/2013), a condição de





céu nublado apresenta maior percentual médio de frequência, em comparação às demais classes.

Os desvios da radiação global foram menores no período seco em relação ao período chuvoso, devido às diferenças de nebulosidade e quantidade de vapor de água presentes na atmosfera, que influenciam diretamente na absorção e espalhamento da radiação global. Os valores médios máximos do coeficiente de transmissividade atmosférica foram observados quando o Sol se encontrava posicionado em um ângulo de 45° em relação à superfície terrestre. A condição de céu nublado ocorreu com maior frequência durante o período estudado.

Tabela 2. Variações de frequência das médias horárias mensais do coeficiente de transmissividade atmosférica $\langle K_T^h \rangle$, conforme a cobertura do céu.

Mês	0-0,35	0,35-0,55	0,55-0,65	> 0,65
Jan	48,34	27,15	12,26	12,26
Fev	48,05	26,92	11,22	13,81
Mar	42,83	28,27	13,61	15,30
Abr	36,64	25,98	17,21	20,17
Mai	27,67	26,86	20,52	24,95
Jun	27,34	22,60	20,88	29,17
Jul	28,29	18,38	23,52	29,81
Ago	24,09	25,45	28,55	21,91
Set	33,13	25,24	22,34	19,29
Out	31,17	27,96	18,01	22,86
Nov	39,24	27,06	15,44	18,26
Dez	42,09	25,69	13,65	18,56

CONCLUSÕES

A região do município de Juina, Estado de Mato Grosso, apresentou no período estudado (2007 a 2012), variabilidade das médias mensais horárias da radiação global e do coeficiente de transmissividade atmosférica devido a sazonalidade do regime pluviométrico e de partículas em suspensão na atmosfera. Na média anual ocorrem 35,74; 25,63; 18,10 e 20,53% das horas com condições de céu nublado, parcialmente nublado, parcialmente aberto e aberto, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela cessão dos dados meteorológicos empregados nesse trabalho.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
*Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia*



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESCOBEDO, J. F.; GOMES, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; SOARES, J. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAT and NIR to global solar radiation under various Sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, v.86, n.2, p.299-309, 2009.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. Toronto: Academic Press, 1983. 389p.

LIU, K. N. **An introduction to atmospheric radiation**. San Diego: Elsevier Science, 584 p. 2002.

SOUZA, A. P.; CASAVECCHIA, B. H.; STANGERLIN, D. M. Avaliação dos riscos de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. **Scientia Plena**, v. 8, n. 5, p. 1-14, 2012.

TERAMOTO, E. T. **Distribuição de frequência das condições de céu em função das variações climáticas em Botucatu-SP**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp, Botucatu, 2010.

