



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros* **Frequência das condições de céu em Registro/SP/Brasil**



*Eduardo Nardini Gomes*<sup>1</sup>; *Érico Tadao Teramoto*<sup>2</sup>; *João Francisco Escobedo*<sup>3</sup>; *Maurício Bruno Prado da Silva*<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Agrônomo, Prof. Assistente, Depto. de Agronomia, FCAV/UNESP, Registro/SP, Fone: (13) 3828-3044, [engomes@gmail.com](mailto:engomes@gmail.com).

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Pós-doutorando, Depto. de Engenharia de Pesca, FCAV/UNESP, Registro/SP.

<sup>3</sup> Bacharel em Física, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu/SP.

<sup>4</sup> Agrônomo, Mestrando, Depto. de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu/SP.

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta a distribuição de frequência das condições de céu em Registro (24,48°S; 47,83°W; 25 m), cidade rural localizada na parte paulista do Vale do Ribeira. O critério adotado para classificação das condições de céu foi o proposto por Escobedo et al. (2009), que utiliza o índice de transmissividade atmosférica  $K_T$  e considera 4 condições de cobertura de céu por nuvens: I) - nebuloso ( $K_T \leq 0,35$ ); II) - parcialmente nebuloso com dominância para o difuso ( $0,35 < K_T \leq 0,55$ ); III) - parcialmente nebuloso com dominância para o claro ( $0,55 < K_T \leq 0,65$ ) e IV) - claro ( $K_T > 0,65$ ). Os dados de radiação global diária utilizados foram medidos no período de agosto de 2010 a agosto de 2013 na estação meteorológica do Campus Experimental da UNESP em Registro. Ao longo do ano em Registro é elevada a frequência de dias com condições de céu nebuloso (145 dias) e parcialmente nebuloso (211 dias) e baixa a frequência de céu claro (9 dias), sendo o valor médio anual diário de  $K_T = 0,41 \pm 0,06$ . A frequência de dias com predominância de radiação direta em relação a difusa é baixa, aproximadamente 83 dias (22,61% dos dias do ano).

**PALAVRAS-CHAVE:** radiação solar, nebulosidade, Vale do Ribeira.

### **Frequency of sky conditions in Registro/SP/Brazil**

**ABSTRACT:** This paper presents the study of sky conditions in Registro (24,48°S; 47,83°W; 25 m), rural city located in the portion of Ribeira Valley from São Paulo State. The classification of the sky condition was performed based in the criterion proposed by Escobedo et al. (2009), which uses the atmospheric transmissivity index  $K_T$  and considers 4 types of sky conditions: I) - cloudy ( $K_T \leq 0.35$ ); II) - partly cloudy with dominance for the diffuse ( $0.35 < K_T \leq 0.55$ ); III) - partly cloudy with dominance for the clear ( $0.55 < K_T \leq 0.65$ ) and IV) - clear ( $K_T > 0.65$ ). The daily global radiation data were measured in the period from August of 2010 to August of 2013 in the weather station from Experimental Campus of UNESP in Registro. The results show that throughout the year in Registro is high the frequency of days with cloudy sky (145 days) and partly cloudy conditions (211 days) and low frequency the clear sky condition (9 days), being the daily annual average value of  $K_T = 0.41 \pm 0.06$ . The frequency of days with predominance of direct radiation in relation to diffuse is low, approximately 83 days (22.61% of the days of the year).

**KEY WORDS:** solar radiation, cloudiness, Vale do Ribeira.

As nuvens são as principais atenuadoras ao absorver a radiação solar (Kazantzidis et al., 2011), por isto, em qualquer período do ano e local do globo terrestre os maiores níveis de incidência de radiação solar sobre a superfície terrestre ocorrem em condições de céu claro, enquanto os menores são observados em condições de céu totalmente coberto por nuvens. Assim, o estudo do padrão de variação das condições de céu permite entender a dinâmica da variação dos níveis de energia solar incidentes sobre a superfície terrestre e serve de parâmetro na estimativa da radiação solar, a partir de modelos estatísticos. Esses conhecimentos são úteis em projetos de sistemas que utilizem energia solar ou sejam influenciados por ela, em estudos voltados ao planejamento e desenvolvimento do turismo e na secagem de produtos agrícolas, entre outros (Pattanasetanon et al., 2007; Li et al., 2011; Zhang et al., 2011). A concentração e as características das nuvens sobre o céu variam fortemente em função do tempo e localização geográfica.

O presente trabalho apresenta a distribuição de frequência das condições de céu em Registro (24,48°S; 47,83°W; 25 m), cidade rural localizada na parte paulista do Vale do Ribeira.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O banco de dados de radiação solar foi obtido do Centro integrado de Informações Meteorológicas (CIIAGRO), que tem uma estação meteorológica na UNESP - Registro/SP, e compreende o período de 01 de outubro de 2010 a 31 de dezembro de 2014. A estação meteorológica da UNESP – Registro/SP está localizada nas coordenadas -24°29'S; -47°50'O, a 25m acima do nível do mar. A cidade de Registro está localizada na mesorregião do Litoral Sul Paulista, na porção paulista do Vale do Ribeira. O clima local foi classificado pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) como Af, Clima tropical úmido ou superúmido, sem estação seca.

As condições de céu foram classificadas a partir do índice de transmissividade atmosférica  $K_t$ , seguindo metodologia proposta por Escobedo et al. (2009), que classifica as condições de céu em:

I. Céu nebuloso ( $K_t \leq 0,35$ ): a radiação direta é igual a zero, ou seja, a radiação global é composta apenas pela radiação difusa;

II. Céu parcialmente nebuloso com dominância para o difuso ( $0,35 > K_t \leq 0,55$ ): a radiação global é composta de uma parcela maior da radiação difusa, que decresce variando gradativamente entre 88 a 50% da radiação global;

III. Céu parcialmente nebuloso com dominância para o claro ( $0,55 < K_t \leq 0,65$ ): a radiação global é composta de uma parcela maior da radiação direta, que aumenta gradativamente enquanto a radiação difusa diminui variando entre 50 a 30% da radiação global;

IV. Céu claro ( $K_t > 0,65$ ): a radiação global é composta predominantemente pela radiação direta.

O índice de claridade  $K_t$ , razão entre a radiação solar global e a extraterrestre, foi calculado utilizando a Equação  $K_t = H_g/H_0$  (Iqbal, 1983), onde  $H_g$  é a radiação global na horizontal diária e  $H_0$  é a radiação solar no topo da atmosfera diária, ambas expressas em  $MJ\ m^{-2}d^{-1}$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na figura 1 estão representados os resultados da evolução mensal da radiação solar no topo da atmosfera ( $Q_0$ ) e Global ( $Q_g$ ) em função do tempo para Registro/SP. Em geral as radiações solares  $Q_0$  e  $Q_g$  apresentaram sazonalidades características devido à declinação solar, e no caso específico da

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

radiação solar global, devido à presença de nuvens e aerossóis na atmosfera. Os maiores e menores valores da radiação solar no topo da atmosfera foram por volta de  $41,6\text{MJ/m}^2$  e  $22,71\text{MJ/m}^2$  e ocorreram no verão e no inverno, respectivamente. O maior valor observado para a radiação global foi de  $31,68\text{MJ/m}^2$  em 28/11/2012, enquanto o menor valor foi de  $1,04\text{MJ/m}^2$  em 03/07/2011. O valor médio observado foi de  $13,87\text{MJ/m}^2$ .

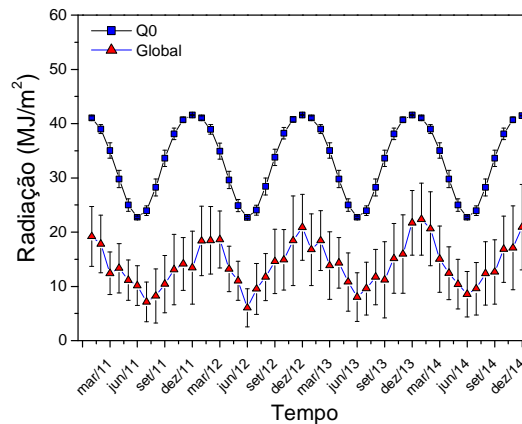


Figura 1. Evolução (a) diária e (b) mensal da radiação solar no topo da atmosfera ( $Q_o$ ) e Global ( $Q_g$ ) para Registro/SP.

Em geral  $Q_g$  seguiu a tendência de  $Q_o$ , contudo com ligeira atenuação nos meses do ano em que houve elevada nebulosidade e precipitação pluviométrica, como no caso dos períodos de julho de 2011; de agosto a dezembro de 2011; junho de 2012 e setembro de 2013, em que a condição de cobertura de céu era nebulosa. Nota-se uma baixa transmissividade atmosférica da radiação solar global nestes meses específicos, principalmente devido à maior absorção da radiação solar infravermelha pela elevada concentração de vapor de água da atmosfera.

Na figura 2 está representada a distribuição de frequência do índice de claridade  $K_t$  para Registro/ SP durante o período experimental. Seguindo a subdivisão do  $K_t$ , de acordo com Escobedo et al. (2009), nota-se na figura que em geral é bem elevada a frequência de dias nublados e parcialmente nublados, enquanto que muito reduzida é a frequência de cobertura de céu aberta, o que caracteriza a região como de parcialmente nublada a nebulosa. Na distribuição de frequência teve-se 532 dias com cobertura de céu nublado, 512 dias com cobertura de céu parcialmente nublado tendendo a nublado, 273 dias com cobertura de céu parcialmente nublado tendendo a aberto e somente 32 dias com cobertura de céu aberto.

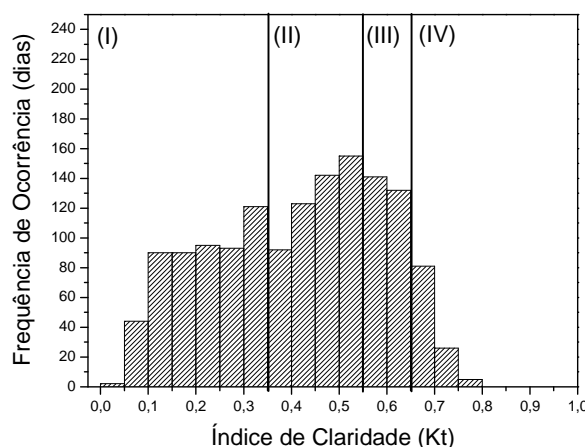


Figura 2. Distribuição de frequência do índice de claridade ( $K_t$ ) para Registro/SP.

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

O município de Registro/SP apresenta elevada frequência de cobertura de céu nublado (I) e parcialmente nublado tendendo a nublado (II), com valor médio de Kt de 0,41, o que indica baixa disponibilidade de radiação solar global na superfície terrestre, e em se tratando de região produtora de banana, pode ocasionar maior duração no ciclo de desenvolvimento da cultura quando comparado a outras regiões produtoras que apresentem elevada frequência de dias nas classes III e IV, que possuem cobertura de céu mais aberta (Figura 3).

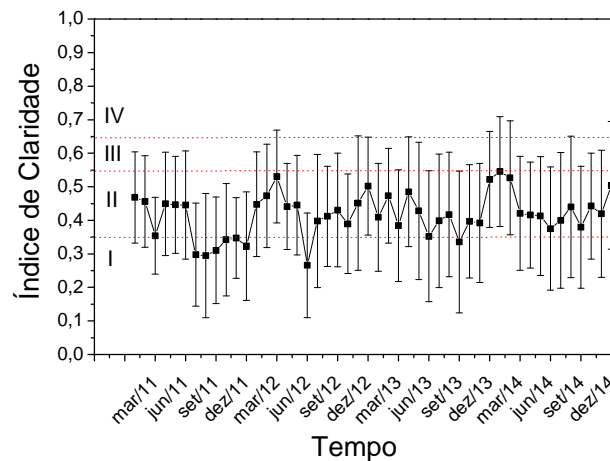


Figura 4. Evolução mensal do índice de claridade (Kt) para Registro/SP.

Saúco e Robinson (2012) afirmam que a banana, que cresce em zonas em que a radiação solar varia, pode apresentar uma redução na produção de 80% em um dia de céu nublado, quando comparado com um dia de céu aberto. Já Soto e Ballester (2000), afirmam que bananeiras do subgrupo Cavendish apresentaram ciclos de 8,5 meses em cultivos bem expostos a luz, e de 14 meses em cultivos sombreados.

Em geral o elevado índice de nebulosidade em nossa região experimental se deve provavelmente devido à proximidade do mar, que ocasiona entrada de massas quentes e úmidas, aliadas ao relevo da região.

## CONCLUSÕES

A radiação solar global na superfície terrestre na área experimental apresentou elevada atenuação. A cobertura de céu predominante no período experimental foi parcialmente nublada tendendo a nublada.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Fapesp pelo auxílio financeiro (Proc. 2012/14182-0).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESCOBEDO, J. F. et al. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, v. 86, p. 299-309, 2009.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. London: Academic Press, 1983. 390p



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

KAZANTZIDIS, A.; ELEFATHERATOS, K.; ZEREFOS, C. S. Effects of cirrus cloudiness on solar irradiance in four spectral bands. **Atmospheric Research**. v. 102, n. 4, p. 452-459, 2011.

LI, D. H. W. ; TANG, H. L.; CHEUNG, K. L.; LEE, E. W. M.; CHENG, C. C. K. Sensitivity analysis of climatic parameters for sky classification. **Theoretical and Applied Climatology**, v.105, p.297-309, 2011.

PATTANASETHANON, S.; LERTSATITTHANAKORN, C.; ATTHAJARIYAKUL, S.; SOPONRONNARIT, S. All sky modeling daylight availability and illuminance/irradiance on horizontal plane for Mahasarakham, Thailand. **Energy Conversion & Management**, v.48, p.1601-1614, 2007.

SAÚCO, V. G.; ROBINSON, J. C. Fisiología, clima y producción de banano physiology, climate and production of bananas. In: Congresso Internacional de bananicultura, 20, 2013, Fortaleza-CE. **Anais...** Costa Rica: ACORBAT, 2013, p. 43-57.

SOTO BALLESTERO, M. Bananos: cultivo y comercialización. 2. ed. San José: **Litografía e Imprensa LIL**, 1992, 674p

ZHANG, M.; YU, G. R.; ZHUANG, J.; GENTRY, R.; FU, Y. L.; SUN, X. M.; ZHANG, L. M.; WEN, X. F.; WANG, Q. F.; HAN, S. J.; YAN, J. H.; ZHANG, Y. P.; WANG, Y. F.; LI, Y. N. Effects of cloudiness change on net ecosystem exchange, light use efficiency, and water use efficiency in typical ecosystems of China. **Agricultural and Forest Meteorology**.v. 151, n. 7, p. 803-816, 2011.