



## 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*

## **Análise da relação entre dois diferentes métodos de mensuração para o saldo de radiação em uma região de pastagem no sudoeste da Amazônia**



*Adenis de Oliveira Silva<sup>1</sup>; Roziane Sobreira dos Santos<sup>2</sup>; Robson Prata Frota<sup>3</sup>; Artur Falqueto Sonsin<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Estatístico, Rua Feijó 1325, Ji-Paraná-RO, Fone: (69) 93117471, yogo.jipa@gmail.com

<sup>2</sup>Grad. em Estatística, Depto. de Matemática e Estatística, UNIR, Campus Ji-Paraná – RO

<sup>3</sup>Estatístico, Prof<sup>a</sup>. Adjunta, Depto. de Matemática e Estatística, UNIR, Campus Ji-Paraná – RO

<sup>4</sup> Mestrando em Física, IF, UFAL, Campus A. C. Simões – AL.

**RESUMO:** A procura pelo conhecimento e compreensão das variáveis meteorológicas é um fator de extrema importância para sobrevivência e bem-estar do ser humano, mesmo que muitas vezes seja difícil devido à falta de infraestrutura ou instrumentos adequados. O saldo de radiação é uma variável essencial para subsistência humana, por isso, entender o comportamento dessa variável em regiões de conversão de floresta para pastagem na Região Amazônica é substancial. Devido as circunstâncias apresentadas, a utilização de modelos matemáticos para estimação ou preenchimento de falhas pode ser uma alternativa viável. Neste âmbito, o objetivo deste trabalho foi utilizar um modelo de regressão linear simples para verificar a relação entre dois casos de medição do saldo radiação: Sensor NR LITE e a equação da diferença das radiações de ondas curtas e longas incididas e refletidas em uma região de pastagem no município de Ouro Preto do Oeste – RO, utilizando médias diárias do ano de 2006. Os dados apresentaram alta correlação ( $r = 0,9770$ ) assim como o  $R^2 = 0,9546$ , indicando que 95,46% da variação da variável RNET pode ser explicada pelo modelo proposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pastagem, radiação, análise de regressão.

### **Analysis of the relationship between two different methods of measurement for the balance of radiation in a pasture region in southwestern Amazonia**

**ABSTRACT:** The search for knowledge and understanding of meteorological variables is an extremely important factor for survival and well being of human beings, even if it is often difficult due to lack of infrastructure or appropriate instruments. The net radiation is an essential variable for human subsistence, therefore, understand the behavior of this variable in forest conversion to pasture areas in the Amazon region is substantial. Because the circumstances presented, the use of mathematical models to estimate or gap filling can be a viable alternative. In this context, the aim of this study was to use a simple linear regression model to verify the relationship between two cases of measuring the radiation balance: Sensor NR LITE and the equation of the difference of radiation of short and long waves direct and reflected in a region grassland in Ouro Preto do Oeste - RO, using daily averages of the year 2006. The data showed high correlation ( $r = 0.9770$ ) as well as the  $R^2 = 0.9546$ , indicating that 95.46% of the variation of the variable RNET can be explained by the proposed model

**KEY WORDS:** Pasture, radiation, regression analysis.

A floresta Amazônica é uma floresta tropical, situada na região norte da América do Sul sendo sua maior concentração em solo brasileiro. O Brasil é o país com maior cobertura vegetal do Bioma Amazônia neste continente, com 4,2 milhões km<sup>2</sup> (Brasil, 2008) que equivalem a mais de 60% deste Bioma e abrange três das cinco divisões regionais do país (Norte, Nordeste e Centro-Oeste), ocupando cerca de 49,29% do território nacional.

A partir da década de 70, grandes transformações vem ocorrendo devido a ações antrópicas, tais como: desmatamento para criação de gado de corte e leiteiro, agricultura e exploração madeireira (LIBERATO, 2010). Essas conversões de floresta tropical para pastagem e agricultura podem levar a impactos sobre os processos ecológicos, climatológicos e hidrológicos regionais (von RANDOW et. al., 2004). Desde os anos de 1980, buscando entender as mudanças climáticas regionais e seus impactos, diversos experimentos vem sendo realizados para obtenção de respostas (FISCH et. al., 1998). Os principais resultados do projeto ABRACOS (Anglo-Brazilian Amazonian Climate and Observation Study), apresentaram grandes impactos regionais, como decréscimo em até 20% da precipitação e um aumento em até 2°C (NOBRE, 1996). Reconhecendo a necessidade de compreender melhor os processos de superfície, e os balanços de energia e carbono sobre as florestas e áreas desmatadas, em 1999 dois ex-locais de campo do projeto ABRACOS no estado de Rondônia foram reativados, desta vez como parte do Grande Experimento de Defesa da Biosfera e Atmosfera na Amazônia (LBA), sendo os locais a Reserva Biológica do Rio Jaru (REBIO-JARU) e a Fazenda Nossa Senhora (FNS), uma área de pastagem localizada a cerca de 80 km do município de Ji-Paraná.

A radiação solar é a principal fonte de energia na Terra e um dos fatores determinantes do tempo e do clima. Pelo fato deste recurso não ser controlado na natureza, torna-se evidente um maior interesse no conhecimento desse elemento meteorológico (SILVA, 2014). A radiação solar pode ser dividida em diversas formas: radiação de onda longa (terrestre) incidente e refletida, radiação de onda curta (solar) incidente e refletida, radiação fotossinteticamente ativa (Par) incidente e refletida e saldo de radiação. A última variável por sua vez, é a que exerce maior influência na evapotranspiração, de maneira geral, não havendo restrição hídrica, quanto maior a disponibilidade de energia solar e conseqüentemente do saldo de radiação, maior também será a evapotranspiração (FIETZ, 2009). Na pastagem é inevitável a exposição do solo em relação a radiação, e em épocas de estiagem as plantas acabam ficando mais vulneráveis a radiação por conta da escassez de água, sofrendo o processo caracterizado como estresse hídrico devido a perda de água, ficando com folhas de coloração amareladas, aumentando ainda mais os níveis do saldo de radiação.

Sendo de importante Para Foken (2008), a subestimação da radiação líquida pode se dar pela falta de precisão dos sensores, estes por sua vez são mais sensíveis a sombreamento de nuvens, assim subestimando o saldo de radiação, ou em alguns casos superestimando os mesmos (DUARTE, 2004). Na região amazônica, a falta de infraestrutura e laboratórios adequados ainda é algo recorrente e, muitas vezes, os pesquisadores buscam métodos para estimação de variáveis a serem utilizadas ou geram modelos para corrigir algumas falhas LEITE(2005), haja vista que alguns locais o difícil acesso torna a perda de dados inevitável. A utilização de métodos estatísticos, seja para previsão ou correção de falhas, é algo que intercorre nas mais diversas áreas do conhecimento, apresentando na maioria das aplicações, resultados de excelência. Ao analisar a radiação líquida, pode-se notar alguns problemas como a subestimação ou superestimação da variável, isso pode ocorrer pela falta de precisão dos sensores diretos que são mais sensíveis ao sombreamento (FOKEN, 2008).

O presente estudo teve por objetivo principal, utilizar um modelo de regressão linear simples para verificar a relação do saldo de radiação em duas situações: pela medição direta de um sensor (NR LITE) e pela diferença das radiações de onda curta e longa, incidentes e refletidas em uma área de pastagem no sudoeste da Amazônia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O sítio experimental da Fazenda Nossa Senhora (FNS), fica localizado no município de Ouro Preto d'Oeste (RO), estando no centro de uma região desmatada com raio de aproximadamente 50km. Localiza-se a 10°45'S e 62°22'W a 293m acima do nível do mar. Esta área foi desflorestada a 37 anos, sendo que, desde 1991, a cobertura vegetal é predominantemente de grama do tipo *Brachiaria brizantha* –(A. Rich.), grumosa. O sítio possui uma orografia com elevações de cerca de 150 metros.

Para medição do saldo de radiação de maneira direta foi utilizado um sensor NR – LITE Radiometer (Kipp & Zonen), que mede o balanço de energia entre entrada de ondas curtas e ondas longas de radiação em relação ao de ondas curtas refletida na superfície e radiação de ondas longas de saída, e atribuído o nome de RNET, sendo essa a variável dependente ou variável de resposta.

Para variável independente ou variável explanatória, foi utilizado o saldo de radiação que é obtido através da seguinte equação:

$$R_n = (R_{oc_{in}} - R_{oc_{out}}) + (R_{L_{atm}} - R_{L_{ter}}) \quad (1)$$

em que,

$R_n$  é o saldo de radiação em ( $Wm^{-2}$ );

$R_{oc_{in}}$  a radiação de onda curta incidida ( $Wm^{-2}$ );

$R_{oc_{out}}$  a radiação de onda curta refletida ( $Wm^{-2}$ );

$R_{L_{atm}}$  é a radiação de onda longa da atmosfera ( $Wm^{-2}$ );

$R_{L_{ter}}$  a radiação de onda longa emitida pela superfície ( $Wm^{-2}$ ).

As variáveis citadas acima foram coletadas através de pirgeômetros e piranômetros instalados na torre micro meteorológica do sítio experimental, maiores informações dos instrumentos podem ser obtidas em Von Randow et al. (2004).

A análise de regressão é uma ferramenta estatística muito útil para avaliar a relação entre duas ou mais variáveis, sendo de ampla aplicação em diversas áreas do conhecimento. Para aplicação desta técnica é necessário respeitar alguns pressupostos, sendo eles: os dados devem ser normalmente distribuídos; o conjunto de dados não pode ter falhas; e os resíduos do modelo de regressão devem ser independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante (MONTGOMERY et. al, 2001). Neste trabalho foi aplicado um modelo de regressão linear simples, o qual pode ser obtido pela seguinte equação:

$$\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

em que,

$\hat{Y}_i$  - variável dependente a ser estimada;

$\beta_0$  - constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical;

$\beta_1$  - constante que representa o coeficiente angular da reta (declive);

$X_i$  - variável independente (explicativa);

$\varepsilon_i$  - erro aleatório independente e normalmente distribuído (média zero e variância constante).

Maiores informações para o cálculo das constantes podem ser obtidas em Montgomery et. al (2001). Os dados foram computados utilizando o *software* R, versão 3.1.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 apresenta o diagrama de dispersão entre as variáveis RNET (variável dependente) e SRAD (variável independente) e a reta de regressão proposta pelo modelo obtida pelos seguintes coeficientes:

$$\hat{Y}_i = -6,0283 + 0,8712X_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

Observou-se que a variável obtida pelo sensor de medição direta é subestimada quando comparada com a variável obtida pela equação da diferença entre radiações incididas e refletidas, sendo 112,86 W/m<sup>2</sup> e 136,46 W/m<sup>2</sup> as respectivas médias do período entretanto, o coeficiente de correlação linear ( $r = 0,9770$ ) foi altamente significativo e o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9546$ ), mostrando então que o modelo proposto pode explicar em até 95,46% a variação da variável RNET.

### Gráfico entre a relação das variáveis RNET x SRAD

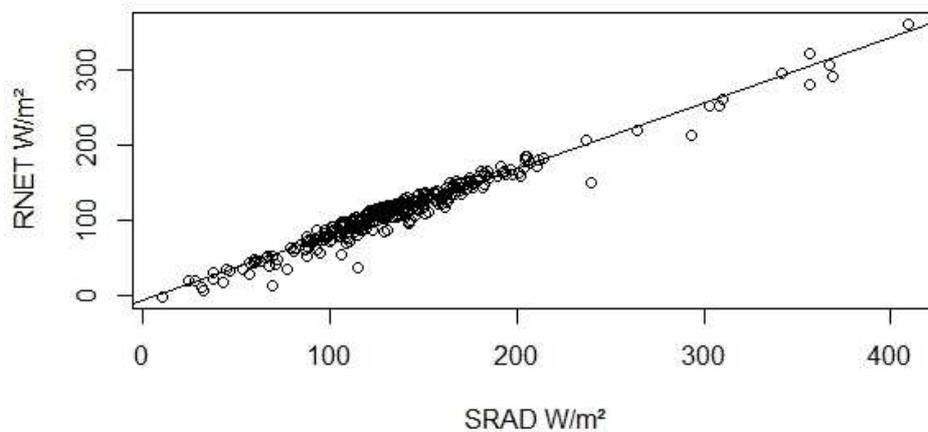


Figura 46. Gráfico de dispersão entre as variáveis RNET e SRAD.

Foken (2008) menciona que a subestimação da radiação líquida pode se dar pela falta de precisão dos sensores, estes por sua vez são mais sensíveis a sombreamento de nuvens. Em trabalho apresentado por Silva et. al (2014) as médias do sensor direto e da equação para medição do saldo de radiação apresentaram diferenças estatisticamente significativas, sendo elas de 104,13 W/m<sup>2</sup> e 115,23 W/m<sup>2</sup> respectivamente para os anos de 2004 e 2005, em que as maiores diferenças entre as médias são apresentadas na estação chuvosa, que compreende nos meses entre Janeiro, Fevereiro e Março, isso pode ser dado devido ao alto nível de sombreamento nesse período.

## CONCLUSÃO

A partir dos dados analisados, é notório que o modelo proposto é significativo para correção de falhas nos dados para o período, assim como para verificar a subestimação do sensor devido ao sombreamento ou outros fatores externos, e que, um pode auxiliar o outro em caso de falhas, automáticas ou manuais. Vale ressaltar que estudos posteriores para maior precisão do modelo sempre devem ser realizados, assim alimentando o modelo e trazendo maior acurácia nas correções ou previsões dessa variável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUARTE, H. F.; DIAS, N. L.; **Ajuste da radiação líquida em um modelo de transferência solo-vegetação-atmosfera.** *Anais do XIII Congresso Brasileira de Meteorologia*, Fortaleza, 2004.



## 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*

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **Avaliação de modelos de estimativa do saldo de radiação e do método de Priestley-Taylor para a região de Dourados, MS**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.13, n.4, p.449–453, 2009.

FOKEN, T. **The energy balance closure problem: an overview**. Ecological Applications 18(6), pp. 1351–1367, 2008.

LEITE, K. G.; MERGULHAO JUNIOR, C. **Modelagem matemática da evapotranspiração de floresta e pastagem: estudo de um caso em Ji-Paraná**. In: V Semana de Matemática, 2005, Ji-Paraná. Anais, 2005.

LIBERATO, A. M.; CARDOSO, F. L. **Análises da radiação de onda curta e onda longa na Amazônia**. Revista de Geografia. Recife, v. 27, p. 169-182, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; VINING, G. G.; PECK, E. A. **Introduction to Linear Regression Analysis**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. 641 p.

NOBRE, C. A.; GASH, J. H. C.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. Conclusions from ABRACOS. In: GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. (eds) **Amazonian deforestation and climate**. Chichester: John Wiley, p. 577 – 595, 1996.

SILVA, A. O; FROTA, R. P.; SANTOS, R. S. **Comparação entre dois métodos de estimação para o saldo de radiação em pastagem: Um estudo de caso no Sudoeste da Amazônia**. Anais da XIV Semana de Matemática e IV Semana de Estatística, 2014.

VON RANDOW, C.; MANZI, A.O.; KRUIJT, B.; OLIVEIRA, P.J.; ZANCHI, F.B.; SILVA, R.L.; HODNETT, M.G.; GASH, J.H.C.; ELBERS, J.A.; WATERLOO, M.J.; CARDOSO, F.L.; KABAT, P. **Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon Exchange over Forest and pasture in South West Amazonia**.