

Saldo de radiação em áreas de pastagens: manejo e produtividade do ambiente

Gabriel Alves Veloso¹
Manuel Eduardo Ferreira¹
Bernardo Barbosa da Silva²
Laerte Guimarães Ferreira Júnior¹

¹Universidade Federal de Goiás – UFG/IESA
Laboratório Processamento de imagens e Geoprocessamento – LAPIG
Campus II, Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia - GO, Brasil
gabrielveloso.geo@gmail.com.br; mferreira.geo@gmail.com.br; laerte@ufg.com.br

²Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/ Deptº de Meteorologia Rua Aprígio
Veloso, 882 – Bodocongó CEP 58.109-900 – Campina Grande - PB, Brasil
bbdasilva.ufpe@gmail.com

Abstract. Estimation of the radiation balance in the soil-vegetation system is recognized as important to characterize native or anthropogenic landscapes, helping in the adequate management of the environment. Making this measurement by satellite data, from the electromagnetic radiation reflected by the targets on the surface, makes this operation more efficient in a series of applications, as in large agricultural areas. The objective of this work was to estimate the radiation balance in pasture areas in the Rio Vermelho watershed, state of Goiás, using satellite data. Five images of the Landsat 8 Oli/Tirs, orbit/point 223/71, from the year 2014 were used. The estimation of the radiation balance was obtained through the METRIC algorithm (Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration). To obtain this parameter, we also used data from the meteorological station located in the same Landsat scene (A014). Among the results, mean values were obtained for the radiation balance in cultivated pasture areas (instantaneous values) of 601.51 W/m², 469.94 W/m², 391.95 W/m², 409.49 W/m², 443.14 W/m² for January 3 (DJ003), May 11 (DJ131), June 28 (DJ 179), July 30 (DJ 211) and September 16 (DJ259), respectively. The technique used was adequate for the analysis of the studied components, comprovando METRIC as an efficient tool for the management of land cover and water resource.

Palavras-chave: Landsat 8; METRIC ; Pastagem degradada; Bacia hidrográfica do Rio Vermelho; Degraded pasture; Rio Vermelho watershed.

1. Introdução

No Brasil, a agropecuária desempenha um papel de significativa importância para a economia, correspondendo a aproximadamente 25% do PIB e 30% da ocupação do território (FERREIRA Jr et al, 2014). O Brasil é o maior exportador de carne bovina no mundo, detendo o maior rebanho comercial, com cerca de 209 milhões de cabeças (IBGE,2010; CNPC, 2011). Essa produção de carne é realizada, sobretudo, em áreas de pastagem cultivada, principal fonte de alimento dos ruminantes. Estima-se que essa área seja de aproximadamente 190 milhões de hectares, e destas a degradação afeta até 30% (cerca de 60 milhões de hectares), com significativamente contribuição nas emissões de Gases do Efeito Estufa – GEEs (ROSA e SANO, 2013).

Apesar de números tão expressivos, a pecuária brasileira é ainda considerada de baixa produtividade (~ 1,1 cabeça/Hectare). De acordo com Garcia et al. (2013), os principais motivos para esta baixa produtividade são: (a) a baixa capacidade de suporte nutricional do pasto, implicando em uma baixa quantidade de animal por hectare; (b) baixa remuneração por parte dos frigoríficos; e (c) elevados gastos com recuperação de pastagem, suplementação animal e mão-de-obra. Portanto, um melhor desempenho no setor está intimamente ligado ao aumento da capacidade de suporte do pasto, os quais, para a maioria das regiões do país, está abaixo do ideal, em torno de 1,1 unidade animal/hectare (UA/ha).

Diante desse cenário, a recuperação das pastagens degradadas é de grande importância, visando o aumento da produção de carne sem a necessidade de expandir as fronteiras agrícolas por meio de novos desmatamentos. A recuperação dessas áreas através do manejo adequado e da reposição de nutrientes ao solo contribui para a sustentabilidade do sistema de produção de carne em pastagens, além de minimizar os danos ao meio ambiente.

Neste contexto, é de fundamental importância conhecer parâmetros biofísicos dessas áreas, como o saldo de radiação, obtido por sensoriamento remoto. Silva et al. (2005) destacam que o conhecimento do saldo de radiação é de grande relevância para o desenvolvimento de modelos para o gerenciamento de recursos naturais e antropicos, pois trata-se do processo responsável pelas trocas de calor e massa na troposfera, materializado pela evapotranspiração no sistema solo-planta. Neste contexto, sua análise pode se tornar um indicativo da qualidade da pastagem (e, em última instância, influir em uma maior produtividade do ambiente), ao possibilitar a adoção de ações estratégicas de planejamento, incluindo medidas preventivas e/ou corretivas em termos de manejo do solo, da planta e da água.

Por outro lado, a natureza extensiva das pastagens no Brasil, combinada com a necessidade de dados sistemáticos, precisos e detalhados sobre as mesmas, demanda o uso de ferramentas adequadas, sinópticas e de baixo custo. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto respondem bem a esta demanda, mostrando-se com grande potencial para o monitoramento temporal e espacial dos parâmetros biofísicos das pastagens, com a vantagem de atuar em múltiplas escalas, diferentemente dos métodos tradicionais (ex. estações micrometeorológicas, restritas a poucas localidades do território nacional, com análises pontuais).

Atualmente, vários algoritmos estão disponíveis para a quantificação dos componentes do balanço de radiação e de energia por imagens de satélites, dentre estes o SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), um algoritmo semi-empírico, voltado para o cômputo dos componentes do balanço de energia e fluxos da superfície baseados em dados de estações meteorológicas (*in loco*) e medição dos parâmetros espectrais das imagens de satélites (SILVA et al. 2005). Outro algoritmo de destaque é o METRIC (Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration), constitui um aprimoramento do SEBAL (TASUMI, 2003; ALLEN et al., 2007). Nesse algoritmo, efetua-se a correção atmosférica em cada uma das bandas espectrais do satélite Landsat 8, combinadas para obtenção do albedo da superfície.

Perante a importância ambiental do saldo de radiação em áreas de pastagens, o presente estudo objetiva demonstrar a variabilidade deste parâmetro, tanto no tempo como no espaço, em áreas de pastagem cultivada na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (área teste para muitos estudos do gênero no bioma Cerrado), mediante imagens obtidas com o sensor Oli/Tirs do satélite Landsat 8 para o ano de 2014.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 – Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV) está localizada no oeste do Estado de Goiás, entre os paralelos 14°55' e 16°20' Sul e os meridianos 50°00' e 51°30' Oeste. Com uma área de 10.824,60 Km², perfaz uma extensão territorial de 11 municípios goianos de forma parcial e/ou completa (Goiás, Aruanã, Matrinchã, Britânia, Jussara, Santa Fé de Goiás, Fazenda Nova, Novo Brasil, Buriti de Goiás, Faina e Itapirapuã) (VIEIRA et al, 2015; SANTOS, 2014).

A BHRV está inserida totalmente no bioma Cerrado, apresentando as fitofisionomias de Cerradão, Cerrado Típico e Campo Cerrado, assim como pastagens naturais (SANTOS,

2014). O Cerradão, conforme Moysés (2008), representa vegetação com presença de esclerofilia com fisionomia florestal, tendo maior desenvolvimento graças às condições do solo, que são favorecidas pelo sombreamento e umidade, tornando importantes componentes na decomposição da matéria orgânica utilizadas pelas plantas. O Cerradão apresenta três estratos: superior (árvores entre 10 e 12m de altura, e algumas com 15 a 18m); um médio, com arbustos mais ou menos densos, que podem atingir até 3m de altura; e o inferior, com vegetação reduzida de espécies (GUIMARÃES et al., 2006).

As áreas de Pastagens são representadas por espécies herbáceas, em sua maioria exótica, utilizadas na pecuária extensiva, representadas principalmente pelas espécies *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola* e *Andropogon gayanus*. Em menor proporção, também são encontradas áreas com pastagens naturais, com espécies mais adaptadas ao ambiente, localizadas principalmente em regiões de difícil acesso, declivosas, próximas as intermediações da Serra da Mesa (SANTOS, 2014).

Quanto à variabilidade das condicionantes climáticas, a BHRV apresenta igual característica climática do Estado, caracterizada como de clima tropical semi-úmido com dois períodos pluviométricos distintos: seco (maio a setembro) e chuvoso (outono a abril). O mês de janeiro geralmente apresenta grande descarga pluvial na bacia, com registros de até 335 mm (SANTOS, 2014).

No caso específico da BHRV, Vieira et al. (2014) afirmam que uma das principais características do clima são a presença de altas temperaturas ao longo do ano, com médias mensais variando de 23 a 28 °C (com temperaturas mínimas e máximas de 20 e 32 °C, respectivamente). Há precipitações habituais e excepcionais, sendo que as precipitações excepcionais são aquelas caracterizadas como intensas e localizadas, capazes de saturar os solos e provocar grande volume d'água nos rios. Como exemplo, a marcante enchente no Rio Vermelho (município de Goiás) em dezembro de 2001, a qual ocasionou sérios problemas na área urbana à jusante do Rio Vermelho. Na BHRV, a precipitação durante o período chuvoso pode ser irregular, podendo ocorrer dias de chuva intensa, intercalados com períodos curtos de estiagem (Verânico).

2.2 - Bases de dados e procedimentos

Considerando que este trabalho visa estimar o saldo de radiação em áreas de pastagem da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV), com auxílio do satélite Landsat 8 – OLI/TIRS, tais imagens foram adquiridas no portal de dados do Serviço Geológico Americano - USGS, correspondente à órbita/ponto 223/71, para os dias 3 de janeiro (DJ03), 11 de maio (DJ131), 28 de junho (DJ179), 30 de julho (DJ 211) e 16 de setembro (DJ259), todas do ano de 2014. Estes dias foram escolhidos por não apresentarem cobertura significativa de nuvens na área de estudo, durante a passagem do satélite. Além destes, foram utilizados dados climatológicos da estação meteorológica automática de Goiás - GO (A014), localizada na BHRV, mais especificamente na Cidade de Goiás, sob a responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o referido ano.

Para o computo do saldo de radiação utilizou-se o algoritmo METRIC, sendo que este representa um aprimoramento do SEBAL e vem sendo aplicado com sucesso a superfícies heterogêneas e áreas montanhosas, adotando-se procedimentos que envolvem o processamento de imagens espectrais requeridas no SEBAL e a inclusão de Modelo Numérico do Terreno (MNT). A aplicação do MNT nas estimativas de componentes de energia através de imagens de satélite melhora os resultados uma vez que ele corrige a inclinação e o sentido da rampa do terreno (GIONGO e VETTORAZZI, 2014).

O algoritmo METRIC foi empregado para obter o saldo de radiação, utilizado-se os seguintes dados meteorológicos: temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar e pressão

atmosférica. As etapas para a obtenção do saldo de radiação estão apresentadas no fluxograma da figura 1.

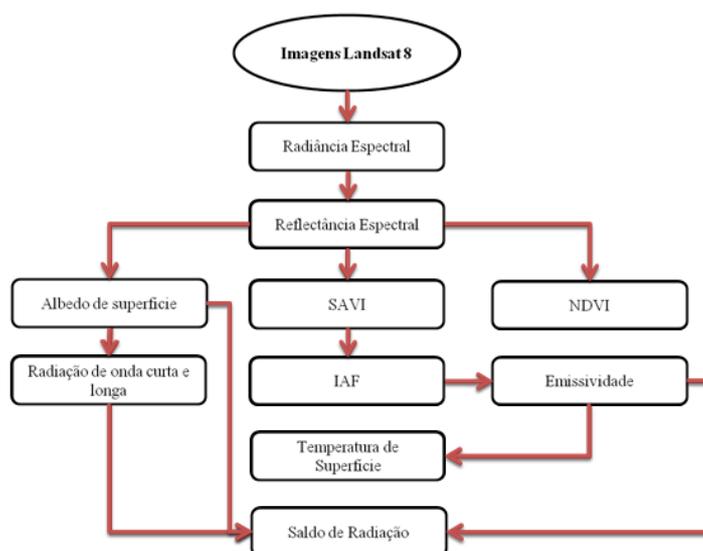


Figura 1 – Fluxograma do processo metodológico.

A equação base para o computo do saldo de radiação R_n (W/m^2) é expressa pela equação 01, referente ao balanço de radiação à superfície.

$$R_n = R_s (1 - \alpha_{sup}) - R_e + R_q - (1 - \epsilon_0)R_q \quad (01)$$

Onde R_s é a radiação de onda curta incidente; α_{sup} é o albedo corrigido de cada pixel; R_q é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção de cada pixel; R_e é a radiação de onda longa emitida por cada pixel; e ϵ_0 é a emissividade de cada pixel. Detalhes deste procedimento são encontrados nos trabalhos de Leite (2012), Silva (2011) e Veloso (2014).

3. Resultados e Discussão

A radiação solar é o mais importante fator para os processos químicos, físicos e biológicos na superfície da Terra. Silva et al. (2005) destaca que o conhecimento do saldo de radiação é de grande relevância para o desenvolvimento de modelos de gerenciamento de recursos naturais e antrópicos, pois trata-se do processo responsável pelas trocas de calor e massa na troposfera no sistema solo-planta.

Os valores do saldo de radiação em áreas de pastagem foram calculados no momento da passagem do satélite em (W/m^2). Na tabela 01 observam-se os valores estatísticos das cartas do saldo de radiação para os dias estudados, sendo que os menores valores obtidos foram nos dias 179 ($195,11 W/m^2$) e 211 ($198,11 W/m^2$), com os maiores valores nos dias 003 ($832,13 W/m^2$) e 259 ($698,43 W/m^2$). A variação dos valores médios no período estudado foi de $601,51 W/m^2$ e $391,95 W/m^2$, obtidos nos dias 003 e 179, respectivamente.

Um dos elementos mais importantes para o saldo de radiação é o balanço de onda curta. É possível identificar nos mapas do saldo de radiação (R_n) uma tendência de radiação de onda curta incidente (Figura 02), pois, para os períodos do ano em que ocorre uma maior incidência de radiação solar, há maiores valores médios de saldo de radiação nas cenas de estudo, como observado no dia 003 (3 de janeiro). Sendo que, os alvos com os menores valores de albedo são os que têm uma menor perda de radiação de onda curta e,

consequentemente, maior quantidade de radiação armazenada na superfície, elevando-se os valores do saldo radioativo.

Tabela 01 – Valores estatísticos das cartas do saldo de radiação para os dias estudados.

Dias	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
003	284,78	832,13	601,51	39,63
131	295,50	610,43	469,94	26,13
179	195,11	533,35	391,95	28,46
211	198,95	577,52	409,49	32,98
259	280,60	698,43	443,14	49,77

Em relação à época do ano, verificou-se que o saldo de radiação apresentou variações segundo a quantidade de energia incidente na superfície; no entanto, essa variação foi marcada em função do nível de degradação da pastagem, onde as áreas com maiores valores de albedo, como aquelas com maior exposição de solo (pastagem degradada), tiveram a tendência para menores valores de saldo de radiação.

Analisando a figura 02, contendo as cinco imagens produzidas com as cenas Landsat (sobre as quais o modelo METRIC foi aplicado), observa-se claramente uma mudança nos valores do saldo de radiação no período estudado, sendo constatada uma diminuição desses valores no decorrer do ano. Esse resultado pode ser explicado pela sazonalidade da radiação solar global, provocando mudanças significativas nas áreas de pastagens.

No mapa de saldo de radiação do dia 3 de janeiro (Figura 02), observa-se um predomínio das classes que variam entre 650 e 750 W/m²; esse padrão pode ser explicado pela influência que a estação chuvosa provoca na pastagem e a quantidade de radiação global incidente. Esse resultado está associado à dinâmica que o regime chuvoso e disponibilidade de radiação incidente provoca nas áreas de pastagem. No caso, a pastagem verde tem alta absorção da radiação eletromagnética na faixa do comprimento de onda do vermelho, por causa da clorofila nas folhas verdes, além de alta reflectância na faixa do infravermelho próximo, apresentando com isso altos valores de saldo de radiação (LILLESAND et al., 2007). Em relação aos valores abaixo de 300 W/m² no período analisado, estes evidenciam áreas de pastagem com algum nível de degradação, pois os baixos volumes de forragem interferem no balanço radioativo.

Os mapas dos dias 179 (28 de junho) e 211 (30 de julho) (ainda na figura 02) apresentam a menor variação nos valores do saldo de radiação. A redução nos valores do saldo de radiação pode ser explicada pela mudança no ângulo de elevação solar (Z), onde quanto maior o Z, menor a incidência da radiação global, devido ao maior caminho óptico que os raios solares têm que percorrer para chegar à superfície. O resultado é coerente com os valores obtidos na estação meteorológica de radiação incidente mostrados no gráfico de figura 03.

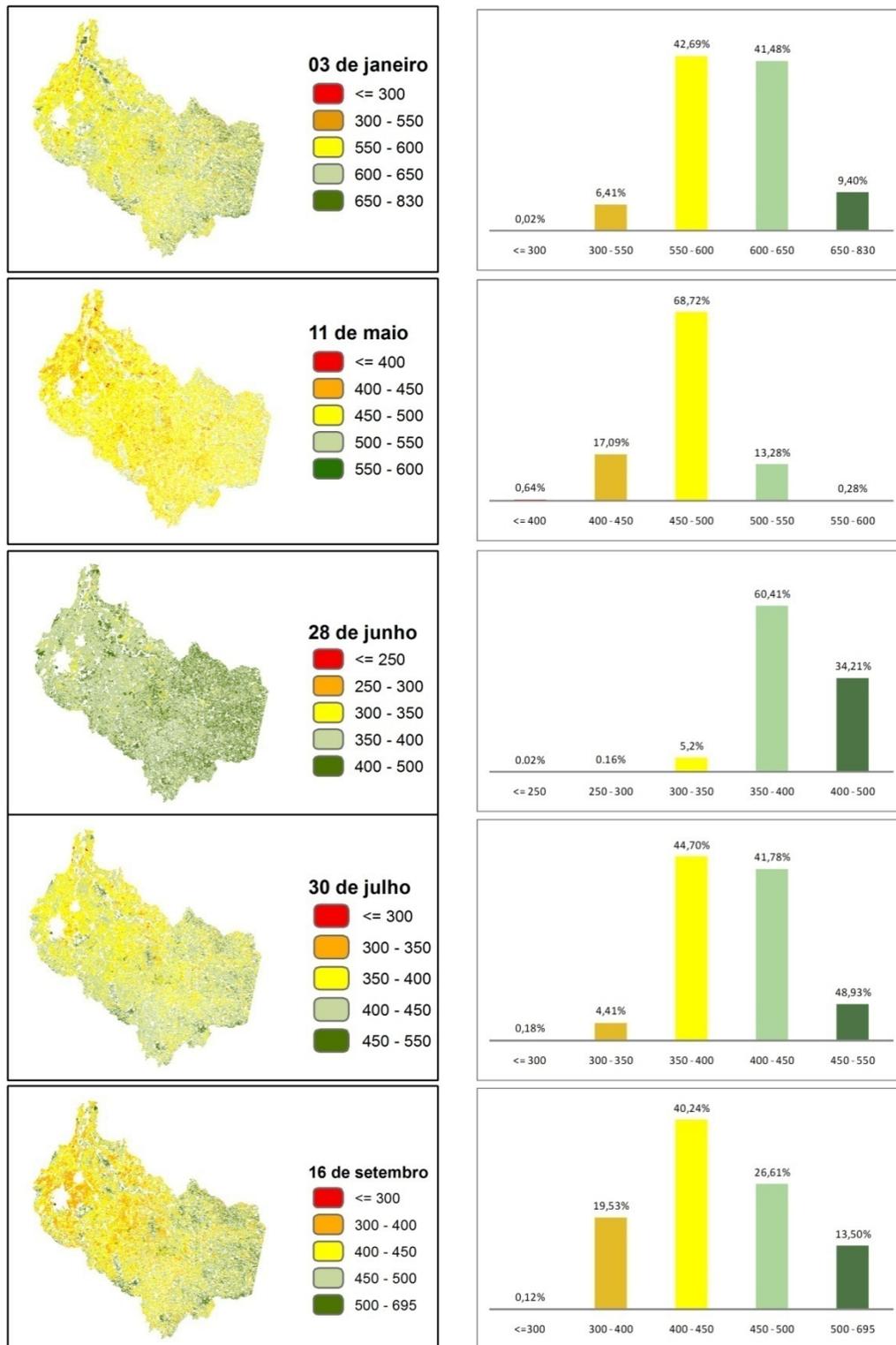


Figura 02- Saldo de Radiação para a Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV) em 2014, com base em dados Landsat 8.

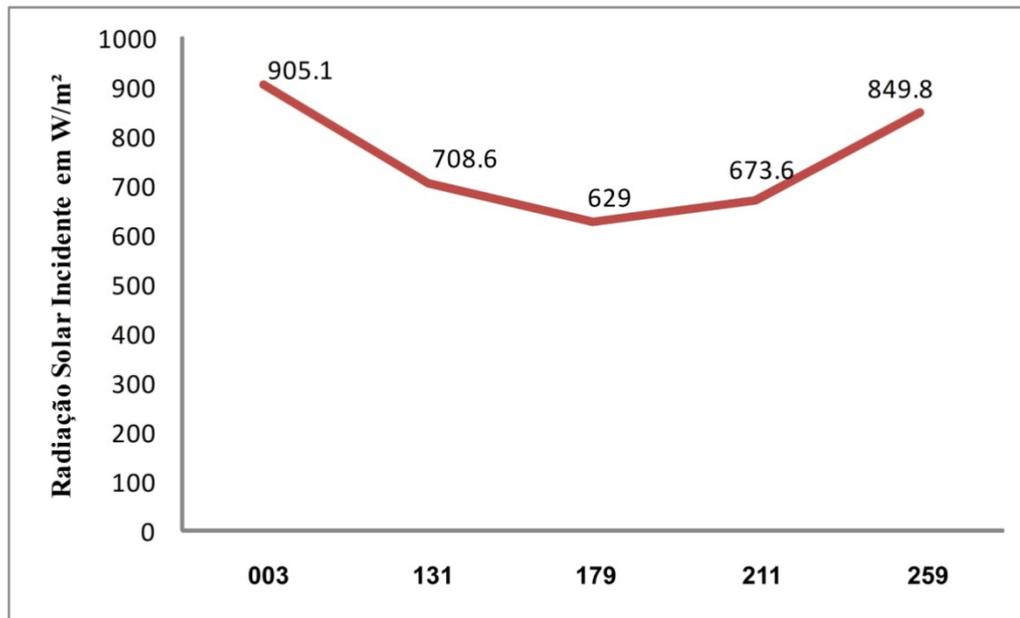


Figura 03- Curvada radiação solar incidente na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV) em 2014, com base em dados de estação meteorológica localizada na área de estudo.

No mapa do dia 259 (Figura 02), os valores de saldo de radiação tiveram relativo aumento, assim como o valor de radiação solar incidente (Figura 03). Em um contexto geral, nota-se que a variação do saldo de radiação no período estudado está diretamente correlacionada à quantidade de radiação global incidente. No entanto, a variação do saldo de radiação é influenciada também pelos níveis de degradação das áreas de pastagem, constatando nessas áreas os menores valores do saldo de radiação no período analisado.

4. Conclusão

O saldo de radiação na BHRV apresentou variação de 300 a 830 W/m² no período analisado (ano de 2014). Esta variação pode ser explicada pela quantidade de energia disponível (radiação solar incidente), sendo perceptível a influência da sazonalidade climática nos componentes do balanço de radiação nas áreas de pastagem.

Por fim, fica evidente a importância do sensoriamento remoto e do algoritmo METRIC para o estudo da variabilidade do saldo de radiação em escala regional, sobretudo em áreas de pastagem.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor, e ao CNPq, pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa concedidas ao segundo, terceiro e quarto autores. Este trabalho também foi apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG / PRONEX, processo 201200766130154, chamada pública nº 007/2012).

6. Referências

Allen, R. G.; Tasumi, M.; Morse, A.; Trezza, R.; Wright, J. L.; Bastiaanssen, W. G. M.; Kramber, W.; Lorite, I.; Robison, C. W. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC) – Applications. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, 395- 406 p., 2007.

Ferreira Jr., L.G. **Radiografia das Pastagens**. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR), Brasília, 2014.

Garcia, F. N.; Ferreira, L. G. ; Sano, E. E. ANÁLISE DA QUALIDADE DAS PASTAGENS CULTIVADAS DO CERRADO GOIANO A PARTIR DE IMAGENS MODIS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO. **Revista Brasileira de Cartografia** (Online), v. 65, p. 1075-1086, 2013.

Giongo, P. R.; Vettorazzi, C. A. Albedo da superfície por meio de imagens TM-Landsat 5 e modelo numérico do terreno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 18, n 8, p. 833-838, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA. 2010. <http://www.ibge.br/sidra/> (último acesso em 25/07/2010).

Leite, M.R. **Sensoriamento Remoto Aplicado a Análise Temporal da Relação Uso da Terra/ Temperatura e Albedo de Superfície na Bacia do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais**. 2012. 111p. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia. 2012.

Moysés, A.; Silva, E. R. da. Ocupação e urbanização dos cerrados: desafios para a sustentabilidade. **Cadernos Metrôpole**, v 20. 197-220, 2008.

Rosa, R.; Sano, E. E. Determinação da produtividade primária líquida (NPP) de pastagens na bacia do rio Paranaíba, usando imagens MODIS. **GeoFocus**, nº13-1, p. 367-395, 2013.

Santos, P. S. **Caracterização e mapeamento biofísico ambiental da bacia hidrográfica do rio Vermelho a partir de dados remotamente sensoriados**. 2014. 157p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia. 2014.

Silva, B. B.; Lopes, G. M.; Azevedo, P. A. determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p.201-211, 2005.

Silva, B. B. da. **Apostila do mini-curso de Determinação da Evapotranspiração com imagens Landsat 5-TM e SEBAL**. UFCG / UFPE. 21p, 2011.

Veloso, G. A. **Análise Espaço Temporal dos Componentes do Balanço de Radiação, Energia e Evapotranspiração, Usando Técnicas de Sensoriamento Remoto em Áreas Irrigadas do Projeto Jaíba/MG**. 2013. 152p. Dissertação de Mestrado em Geografia. – Instituto de Geografia/IG, Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, 2014.

Vieira, P. A. **Dinâmica de ocupação, vulnerabilidades e cenários para bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Goiás**. 2013. 94 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Goiânia 2013.

Vieira, P.A.; Ferreira, M. E.; Ferreira, L. G. Modelagem Dinâmica da Paisagem Aplicada à Análise da Cobertura e Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 67/6, p. 1217-1230, 2015.

Tasumi, M.; Trezza, R.; Allen, R.G.; Wright, J.L. U.S. **Validation Test on the SEBAL model for evapotranspiration via satellite**, ICID Workshop on Remote Sensing of Evapotranspiration for Large Regions, 2003.