

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/268819143>

# Avaliação do balanço de energia em diferentes tipos de uso e cobertura da terra na região noroeste do Estado de São Paulo

Conference Paper · April 2013

CITATIONS

5

7 authors, including:



Fernando Braz Tangerino Hernandez

São Paulo State University

144 PUBLICATIONS 336 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

READS

108



A.H. De C. Teixeira

Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA)

164 PUBLICATIONS 845 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Diego Gonçalves Feitosa

São Paulo State University

20 PUBLICATIONS 18 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Evapotranspiration, biomass production and water productivity using satellite image and meteorological stations [View project](#)



Evapotranspiration estimation by Eddy-covariance, SAFER (Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving) and Surface Renewal [View project](#)

## Avaliação do balanço de energia em diferentes tipos de uso e cobertura da terra na região noroeste do Estado de São Paulo

Renato Alberto Momesso Franco<sup>1</sup>

Fernando Braz Tangerino Hernandez<sup>1</sup>

Antônio Heriberto de Castro Teixeira<sup>2</sup>

Diego Gonçalves Feitosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP

Caixa Postal 34 - 15385-000 - Ilha Solteira - SP, Brasil

{fbthtang}@agr.feis.unesp.br

{bioramfranco}@yahoo.com.br

{diegogfeitosa}@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Embrapa Semiárido - CPATSA

Caixa Postal 23 - 56302-970 - Petrolina - PE, Brasil

{heriberto.teixeira}@embrapa.br

**Abstract:** The determination of the net radiation at surface ( $R_n$ ) is very important, since it is the main energy source for the evapotranspiration process. The objective of this study was the determination of radiation balance using images from Thematic Mapper - TM sensor of the satellite Landsat 5, in different use and land cover in the northeastern São Paulo State. Surface albedo ( $\alpha_0$ ), NDVI and surface temperature ( $T_0$ ) were the basic remote sensing parameters necessary to calculate the latent heat flux ( $\lambda E$ ) and the surface resistance to evapotranspiration ( $rs$ ) at the large scale. The algorithm used to calculate evapotranspiration was SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving). The daily net radiation ( $R_n$ ) was retrieved from  $\alpha_0$ , air temperature ( $T_a$ ) and transmissivity ( $\tau_{sw}$ ) throughout the slob equation, allowing the quantification of the daily sensible heat flux ( $H$ ) by residual in the energy balance equation. The fraction of incident solar radiation ( $R_{G\downarrow}$ ) turned into net radiation ( $R_n$ ) ranged between 36% to 48%, averaging 42%. The smallest fraction of  $R_n / R_{G\downarrow}$  occurred in target sugarcane on 15/07/2011, an increase of  $RL\uparrow$  (43.65 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) and reduction in net radiation (5.71 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). The largest fraction of  $R_n / R_{G\downarrow}$  was 0.48 in the target forest fragment on 04/11/2011, with a decrease in the value of  $RL\uparrow$  (40.22 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) and increase in value  $R_n$  (13.45 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>).

Palavras-chave: surface albedo, latent heat flux, sensible heat flux, albedo de superfície, fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível.

### 1. Introdução

Nos últimos anos, o uso do sensoriamento remoto vem sendo utilizados em estudos do ambiente, tornando uma ferramenta importante no diagnóstico e monitoramento ambiental, com a obtenção de informações necessárias ao gerenciamento e gestão dos recursos ambientais. As técnicas de sensoriamento tem sido eficiente na detecção de informações em áreas extensas de forma rápida e efetiva, principalmente de dados meteorológicos e ambientais.

Através dos dados obtidos por diversos sensores a bordo de satélites é possível caracterizar o comportamento da radiação solar refletida e/ou emitida por alvos à superfície terrestre e calcular os valores de refletividade em diferentes faixas do espectro eletromagnético e da temperatura de superfície. O resultado desta análise é a obtenção de diversos parâmetros biofísicos da superfície terrestre que auxiliam na identificação de mudanças no uso e ocupação do solo de uma determinada região.

Os parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto, como a temperatura de superfície ( $T_0$ ) e o albedo de superfície ( $\alpha_0$ ) são componentes importantes para o cálculo de saldo de radiação à superfície ( $R_n$ ). O balanço de radiação sobre a superfícies vegetadas ( $R_n$ ) representa a principal fonte de energia para os processos físico-químicos que ocorrem na interface superfície-atmosfera, sendo utilizado no aquecimento do ar e do solo; transferência da água, na forma de vapor, da superfície para a atmosfera através da evapotranspiração; e metabolismo das plantas, especialmente a fotossíntese (Lima et al., 2009). O seu

conhecimento é fundamental na estimativa das perdas de água que ocorrem das superfícies vegetadas, principalmente de área irrigadas que necessitam destes dados para o gerenciamento das atividades agrícolas.

Os métodos de estimativas dos fluxos de balanço de energia na superfície terrestre envolvem duas partes: uma parte é quantificar a energia líquida dos fluxos das radiações onda curta e onda longa recebida na superfície e a outra parte é quantificar os fluxos da utilização da radiação líquida recebida pela superfície terrestre. Teixeira (2010) desenvolveu e validou dois algoritmos para obter os valores regionais do fluxo de calor latente ( $\lambda E$ ) e a resistência a evapotranspiração ( $r_s$ ) que juntos ao saldo de radiação é possível quantificar o fluxo de calor latente e o fluxo de calor sensível ( $H$ ) (Teixeira et al., 2008a). Recentemente Teixeira (2012) denominou o modelo para estimar a evapotranspiração de SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*) e considera que o algoritmo possibilita a utilização de informações de sensoriamento remoto e de dados meteorológicos diários obtidos em estação automática e a possibilidade de aplicação do balanço de energia na superfície terrestre em escala regional.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os parâmetros biofísicos e determinar o balanço de energia na superfície terrestre em diferentes tipos de uso e cobertura do solo na região noroeste paulista, com o uso de imagem do satélite *Landsat Thematic Mapper-5*. O conhecimento destes parâmetros é importante para a geração de informações aplicada ao manejo da agricultura irrigada no noroeste paulista.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1. Caracterização da área de estudo e dados meteorológicos

O estudo de avaliação dos dados biofísicos foi realizado em três tipos de usos e ocupação do solo na região noroeste do Estado de São Paulo. Avaliaram os dados de ocupação da cana-de-açúcar, fragmento de mata (Florestal Estacional Semidecídua) e área irrigada com pivô central (Figura 1). A área de estudo encontra-se nos municípios de Pereira Barreto (cana-de-açúcar), Sud-Mennucci (área irrigada) e Suzanápolis (fragmento de mata).

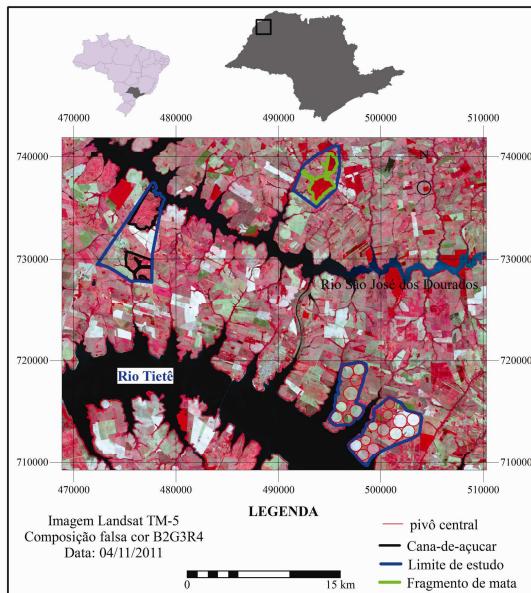


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, região noroeste paulista.

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região noroeste apresenta clima de savanas Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso. Santos et al. (2010) determinaram o balanço hídrico para a região de Marinópolis-SP, utilizando dados históricos

de 1999 a 2009 e obtiveram precipitação média anual de 1.111 mm e evapotranspiração potencial de 1.421 mm ao ano.

Para a região de Ilha Solteira a precipitação média anual é de 1.354 mm, a evapotranspiração média anual com 1.506 mm e a região se caracterizou por apresentar sete meses com deficiência hídrica (abril a outubro) com o total anual de 442 mm e excedente hídrico de 296 mm, considerando uma CAD de 40 mm (Damião et al., 2010). Além disso, a região apresenta a maior taxa de evapotranspiração do Estado de São Paulo (Hernandez et al., 2003) e oitos meses de deficiência hídrica no solo (Santos et al., 2010) motivo pelo qual o uso do sistemas de irrigação é fundamental para repor as necessidades hídricas e garantir a produtividade máxima das culturas

Para a realização deste estudo foram utilizadas duas cenas do sensor *TM/Landsat 5*, órbita 222 e ponto 74, datadas em 15/07/2011 e 04/11/2011. Estas imagens foram obtidas gratuitamente junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

No presente trabalho, foram utilizados dados meteorológicos de sete estações automáticas distribuídas espacialmente no noroeste paulista e operada pela Área de Hidráulica e Irrigação (UNESP, 2011).

Como ferramenta de programação e cálculo utilizou-se a função *script* disponível no software ILWIS (*Integrated Land Water Information System*), que permite o cálculo e aplicação da modelagem através de dados *raster*.

## 2.2. Balanço de energia na superfície terrestre

Inicialmente os dados de radiação global ( $R_G$ ), temperatura do ar ( $T_a$ ) e evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) de sete estações agrometeorológicas distribuídas espacialmente no noroeste paulista foram interpolados, formando uma grade de dados no formato *raster* e posteriormente inclusos aos dados de sensoriamento remoto para os cálculos do balanço de energia na superfície terrestre em escala regional.

O albedo da superfície ( $\alpha_0$ ) foi obtido através das radiações espectrais do satélite *Landsat Thematic Mapper-5* na região do visível e em seguida utilizou expressões matemáticas e correções atmosférica (Teixeira, 2010).

Os parâmetros de sensoriamento albedo de superfície ( $\alpha_0$ ), temperatura da superfície ( $T_0$ ) e Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Diference Vegetation Index*) foram calculados e usados na obtenção da evapotranspiração (ET) conforme Teixeira (2010) (Equação 1) e a resistência de superfície terrestre à evaporação ( $r_s$ ) foi obtido conforme Su (2002) (Equação 2).

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[ a + b \left( \frac{T_0}{\alpha_0 \text{NDVI}} \right) \right] \quad (1)$$

$$r_s = \exp \left[ a \left( \frac{T_0}{\alpha_0} \right) (1 - \text{NDVI}) + b \right] \quad (2)$$

onde a e b são coeficientes de regressão, com valores de 1,8 e - 0,008, respectivamente;  $ET_0$  é a evapotranspiração de referência calculado pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e obtidas a partir de setes estações agrometeorológicas distribuídas espacialmente no noroeste paulista.

Para o cálculo do balanço de energia diário na superfície terrestre utilizou-se os dados de radiação solar incidente medido por piranômetros em estações agrometeorológicas automáticas, conforme descrito na etapa inicial. Em seguida obteve os dados de radiação de onda longa refletida ( $RL \uparrow$ ) através da equação de Stefan-Boltsman, temperatura da superfície

( $T_0$ ) e emissividade da atmosfera ( $\varepsilon$ ). A radiação de ondas longas incidente ( $RL\downarrow$ ) foi calculada usando a equação de Stefan-Boltzmann e a emissividade atmosférica ( $\varepsilon_a$ ) modelada em função da transmissividade atmosférica e dados da temperatura do ar ( $T_a$ ) provenientes das estações agrometeorológicas, conforme determinou Teixeira et al. (2009).

A radiação de onda curta incidente ( $RS\downarrow$ ) foi obtida utilizando dados de temperatura do ar medidos, conforme descrito por Su (2002).

O saldo de radiação ( $R_n$ ) constitui o resultado do cômputo da energia radiante recebida e emitida pela superfície na forma de ondas curtas e longas. Os valores diários de  $R_{n24}$  foi calculado através do albedo ( $\alpha_{024}$ ), da radiação solar global ( $R_{G24}$ ) e da transmissividade atmosférica ( $\tau_{sw}$ ) (Teixeira et al., 2008a). Os valores de 24 horas de radiação ( $R_n$ ) pode ser descrito por valores de 24 horas de radiação de onda curta líquida, com um termo de correção de radiação de onda longa líquida para a mesma escala de tempo, de acordo com a Equação 3 (Teixeira, 2010):

$$R_n = (1 - \alpha_0) R_G \downarrow - a \tau_{sw} \quad (3)$$

em que:  $R_G\downarrow$  é a radiação solar global incidente, medido por piranômetro;  $\alpha_0$  é o albedo de superfície;  $a$  é o coeficiente de regressão entre a radiação de onda longa líquida e a transmissividade atmosférica ( $\tau_{sw}$ ) na escala diária. A transmissividade representa a relação entre a radiação de onda curta que incide no topo da atmosfera e a que chega à superfície terrestre de forma direta e difusa. A equação de regressão entre o coeficiente  $a$  e a temperatura do ar ( $T_a$ ) foram utilizados nos cálculos conforme determinou Teixeira (2008b). Os valores de radiação global ( $R_G$ ) e temperatura da superfície ( $T_a$ ) foram obtidos a partir das estações agrometeorológicas e os valores pontuais dos dados foram interpolados através do uso de geoprocessamento.

Transformando ET em unidade de energia, o fluxo de calor latente foi quantificado e o fluxo de calor sensível obtido como resíduo da equação do balanço de energia e assumindo que o fluxo de calor no solo ( $G$ ) é zero na escala diária:

$$H = R_n - \lambda E \quad (4)$$

### 3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 os valores médios de balanço de energia em diferentes tipos de uso e ocupação do solo, com imagens do satélite *Landsat-TM* com cenas obtidas em 15/07/2011 e 04/11/2011. Os menores valores médios de radiação solar global incidente ( $R_G\downarrow$ ) ocorreram no mês de julho (15/07/2011) e os maiores valores médios ocorreram no mês de novembro (04/11/2011).

Os menores valores de radiação global medidos nas estações agrometeorológicas no noroeste paulista no ano de 2011 ocorreram nos meses de junho e julho, com valores médios de  $14,5 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$  e  $15,5 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ , respectivamente; o maior valor médio de radiação global no ano de 2011 ocorreu no mês de novembro, com valor de  $22,7 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$  (Lacerda et al., 2012).

A fração de radiação solar global incidente ( $R_G\downarrow$ ) transformada em saldo de radiação ( $R_n$ ) teve variação entre 36% a 48%, com média de 42%. A menor fração de  $R_n/R_G\downarrow$  ocorreu na alvo de cana-de-açúcar em 15/07/2011, com aumento de  $RL\uparrow$  ( $43,65 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) e redução no saldo de radiação ( $5,71 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ). A maior fração de  $R_n/R_G\downarrow$  foi de 0,48 no alvo de fragmento de mata no dia 04/11/2011, com diminuição no valor de  $RL\uparrow$  ( $40,22 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) e aumento no valor de  $R_n$  ( $13,45 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios diários dos componentes do balanço de energia em diferentes uso e cobertura do solo.

Alvo	Datas	$R_{G\downarrow}$	$RS\uparrow$	$RL\downarrow$	$RL\uparrow$	$R_n$	$R_n / R_{G\downarrow}$
		$MJ m^{-2}d^{-1}$					
Cana-de-açúcar	15/07/2011	15,60	2,46	36,21	43,65	5,71	0,36
	04/11/2011	27,72	7,12	32,05	39,78	12,82	0,46
Área irrigada	15/07/2011	17,16	2,69	35,92	43,08	7,32	0,42
	04/11/2011	27,71	8,97	32,12	39,91	11,31	0,40
Fragmento de mata	15/07/2011	16,36	2,34	36,28	43,76	6,60	0,40
	04/11/2011	27,54	6,34	32,33	40,22	13,45	0,48

( $R_{G\downarrow}$ : é a radiação solar global incidente;  $RS\uparrow$ : radiação solar de onda curta refletida;  $RL\downarrow$ : radiação solar de onda longa incidente;  $RL\uparrow$ : radiação solar de onda longa refletida;  $R_n$ : saldo de radiação;  $R_n / R_{G\downarrow}$ : taxa de radiação de solar de onda curta incidente).

A imagem *Landsat TM-5*, cena do dia 15 de julho de 2011 apresentou valores médios estimados de índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI - *Normalized Diference Vegetation Index*) para a cana-de-açúcar de 0,37, 0,48 para o fragmento de mata e para a área irrigada com pivô central foi de 0,58, indicando que nesta época o solo estava coberto por culturas agrícolas (Figura 2a). Na cena do dia 04/11/2011 os valores médios estimados de NDVI foram 0,58 para o fragmento de mata, o valor médio de 0,44 para a cana-de-açúcar e a área irrigada por pivô central com valor médio de 0,36. O baixo valor médio de NDVI para a área irrigada é devido ausência de cobertura agrícola neste período em determinados pivôs (Figura 2b).

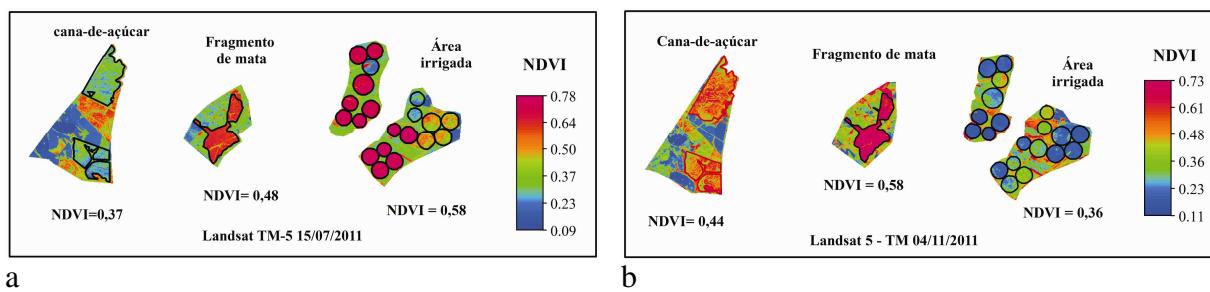
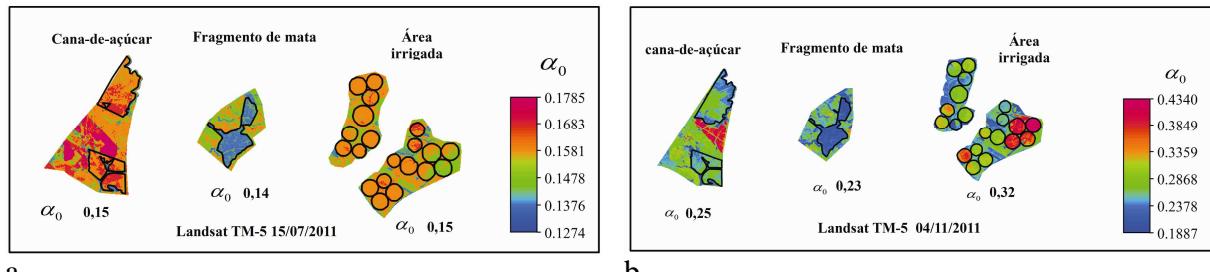


Figura 2. Valores médios de NDVI em cada classe de usos e ocupação do solo em 15/07/2011 (a) e 04/11/2011 (b).

O menor albedo de superfície ocorreu no alvo fragmento de mata, na cena do dia 15/07/2011 com valor de 0,14% e o maior valor médio diário ocorreu na área irrigada no dia 04/11/2011 com 0,32% (Figura 3b), devido à ausência de cobertura vegetal e com o solo exposto nos pivôs analisados.

Figura 3. Valores médios de albedo de superfície ( $\alpha_0$ ) com escala de tempo diária em diferentes tipos de uso e ocupação do solo, com cena de 15/07/2011 (a) e 04/11/2011 (b).

No mês de julho o menor valor médio diário de temperatura de superfície ocorreu na área irrigada, com valor de 309,43 K (36,28°C) (Figura 4a) e os maiores valores médios diários ocorreram na cana-de-açúcar e fragmento de mata, com 311,6 K (38,45°C) e 310,2 K (37,05°C), respectivamente. No mês de novembro, o maior valor médio foi na área irrigada (305,8 K - 32,65°C) e os menores foram na cana-de-açúcar e fragmento de mata, com valores de 303 K (29,85°C) (Figura 4b).

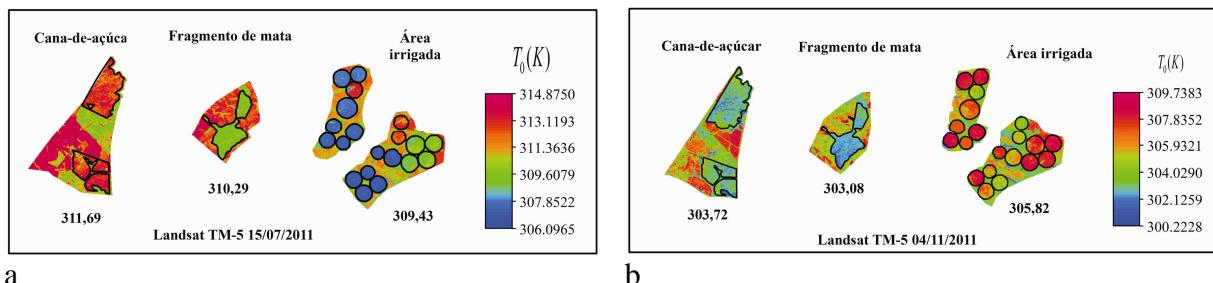


Figura 4. Valores médios de temperatura de superfície ( $T_0$  - K) em diferentes classes de uso e ocupação do solo, com cena de 15/07/2011 (a) e 04/11/2011(b).

Os valores médios diários de saldo de radiação ( $R_n$ ) para cada tipo de alvo analisado apresentaram-se com valores inferiores no mês de julho (Figura 5a) e superiores no mês de novembro (Figura 5b), devido à sazonalidade da radiação solar de onda curta incidente nos alvos analisados, em julho a radiação solar global ( $R_{G\downarrow}$ ) é inferior ao mês de novembro. Valores mais elevados da radiação líquida são verificados na época em que o sol apresenta-se na posição zenital (outubro/novembro) e em condições de baixa nebulosidade, enquanto os menores acontecem nos períodos em torno do solstício de inverno no hemisfério sul.

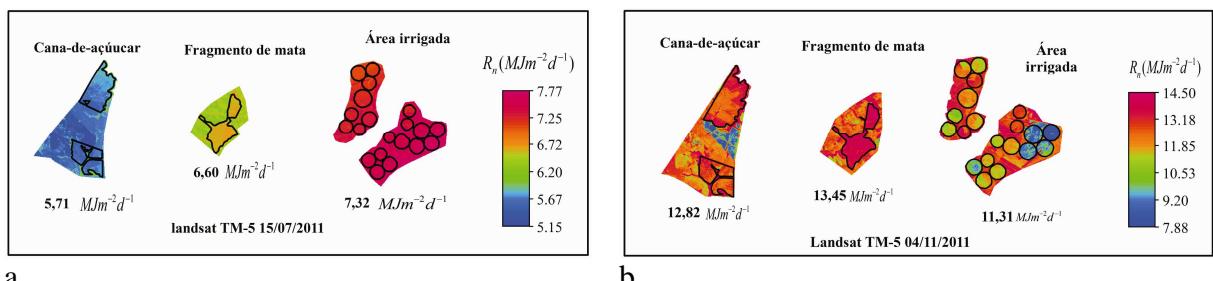


Figura 5. Valores médios de saldo de radiação ( $R_n$ ) em diferentes classes de uso e ocupação do solo, com cena de 15/07/2011 (a) e 04/11/2011 (b).

No mês de julho, o maior valor médio de fluxo de calor latente ( $\lambda E$ ) ocorreu na área irrigada ( $4,38 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  -  $1,78 \text{ mm d}^{-1}$ ) e o menor valor médio diário de  $2,54 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  ( $1,03 \text{ mm d}^{-1}$ ) no fragmento de mata (Figura 5a). Na mesma data o valor médio diário de fluxo de calor sensível (H) na área irrigada variou entre valor mínimo de  $-2,01 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  e valor máximo de  $7,43 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  (Figura 5c). No mês de novembro os valores médios diários de fluxo de calor latente foram superiores, sendo o fragmento de mata com o maior valor médio diário de  $18,86 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  ( $7,69 \text{ mm d}^{-1}$ ) e o menor valor médio foi de  $11,31 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  ( $4,61 \text{ mm d}^{-1}$ ) na área irrigada (Figura 5b). O fluxo de calor sensível (H) no mês de novembro foi menor ( $1,32 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) na cana-de-açúcar (Figura 5d) e no fragmento de mata com valores médios diários negativos ( $-6,21 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) e os maior médio diário foi na área irrigada ( $5,30 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ).

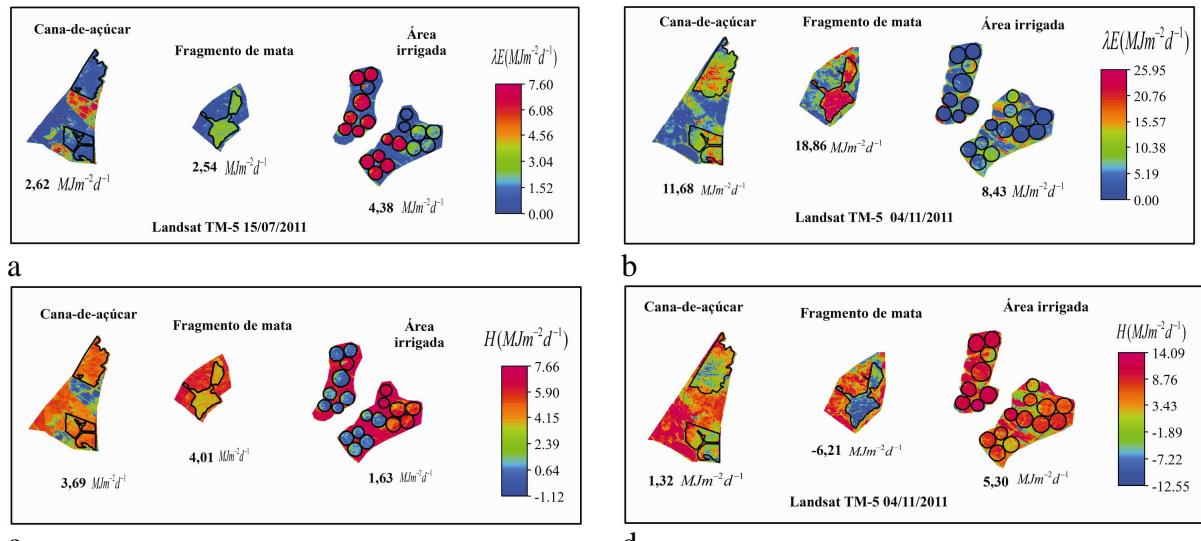


Figura 6. Fluxo de energia em diferentes tipos de uso e ocupação do solo. (a) fluxo de calor latente com cena de 15/07/2011; (b) fluxo de calor latente com cena de 04/11/2011; (c) fluxo de calor sensível com cena de 15/07/2011 e (d) fluxo de calor sensível com cena de 04/11/2011.

No mês de julho a relação  $\lambda E/R_n$  para a área irrigada foi de 0,63 e  $H/R_n$  de 0,37, isto é, 63% da energia disponível foi utilizada na conversão de calor latente, e 37% convertida em aquecimento (calor sensível). No mês de novembro a relação  $\lambda E/R_n$  para a área irrigada foi de 0,80 e a relação  $H/R_n$  foi de 0,20, isso pode indicar que a superfície neste período estava umedecida e a maior parte da energia disponível foi utilizada na evapotranspiração e o restante da energia foi utilizada no aquecimento das plantas, do ar e do solo.

No Fragmento de mata houve advecção de calor sensível, pois a relação  $\lambda E/R_n$  foi de 138% na data de 04/11/2011 e no mês de julho a relação  $\lambda E/R_n$  foi de 41% e a relação de  $H/R_n$  com valor de 59%.

Para a cana-de-açúcar a relação  $\lambda E/R_n$  no mês de julho foi de 50% e a relação  $H/R_n$  foi de 57%, apenas 50% de  $R_n$  foi utilizado no processo evapotranspirativo, enquanto que 57% de  $R_n$  foi convertido em calor sensível e observa-se que houve aumento na temperatura (311,6 K - 38,45°C). No mês de novembro a relação  $\lambda E/R_n$  foi de 100% e a relação  $H/R_n$  foi de 0%, indicando que 100% de  $R_n$  foi utilizado no processo evapotranspirativo.

#### 4. Conclusões

Os dados de sensoriamento remoto e informações meteorológicas medidas em campo permitiu analisar os componentes do balanço de energia na superfície terrestre em escala regional. Observa-se que os valores de saldo de radiação são dependentes dos valores de radiação solar global incidente.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro para a instalação da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

#### Referências Bibliográficas

Allen, R. G., Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements**; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 1998.

Damião, J. O.; Hernandez, F. B. T.; Santos, G. O.; Zocoler, J. L. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, noroeste paulista. In: CONIRD - Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XX, 2010, Uberaba. **Anais..** Brasília: ABID, 2010. Disponível em:< [http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2010\\_damiao.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2010_damiao.pdf)>. Acesso em 28 out.2012.

Hernandez, F. B. T.; Souza, S. A. V.; Zocoler, J. L.; Frizzone, J. A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d'Oeste, Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, v.23, p.21-30, 2003.

Lacerda, M. D.; Hernandez, F. B. T.; Franco, R. A. M.; Feitosa, D.G.; Santos, G.O.; Teixeira, A.H.C. Estimativa da radiação solar global no noroeste paulista. In: Inovagri - International Meeting & IV Workshop International de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2012, Fortaleza. **Anais..** Fortaleza: IFCE, 2012. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/winotec2012/Marcos/marcus\\_winotec.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/winotec2012/Marcos/marcus_winotec.pdf)>. Acesso em: 06 out. 2012.

Lima, E. P.; Sediayama, G. C.; Gleriani, J. M.; Soares, V. P.; Delgado, R. C.; Andrade, R. G. Estimativa do balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagem do Landsat 5 - TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 255-262. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.20.49>>. Acesso em: 28 out. 2012.

Santos, G. O.; Hernandez, F. B. T.; Rosseti, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p.142–149, 2010. Disponível em:< [http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/rbai\\_v4\\_n3\\_p142\\_149\\_bh.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/rbai_v4_n3_p142_149_bh.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2010.

Su, Z. "The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes," *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 6, 85-99,2002.

Teixeira, A. H. de C. Modelling evapotranspiration by remote sensing parameters and agro-meteorological stations. In: Remote Sensing and Hydrology (ed. by C. M. U. Neale & M. H. Cosh), **IAHS Publ.** Wallingford: UK, IAHS Press 352, 2012. P. 154-157.

Teixeira, A. H. de C., Bastiaanssen, W. G. M., Moura, M. S. B., Soares, J. M., Ahmad, M. D. and Bos, M. G.“Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil,”**Agr. Forest. Meteorol.** 148, 1524-1537. 2008a.

Teixeira, A.H. de C. Bastiaanssen, W.G.M., Ahmad, M.D., Moura, M.S.B., Bos, M.G. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil, **Journal of Hydrology**, v. 362, p. 110-127, 2008b.

Teixeira, A.H. de C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco river basin (Brazil) using remote sensing an Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1287-1319, 2010.

Teixeira, A.H. de C., W.G.M., Bastiaanssen, Ahmad, M-ud-D, Bos, M. G. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part A: Calibration and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, p. 462-476, 2009.

Universidade Estadual Paulista- UNESP/ FE. **Acesso à base diária:** Marinópolis. Ilha Solteira: UNESP-FE/ Departamento de Fitossanidade e Engenharia Rural e Solos – DEFERS- Área de Hidráulica e Irrigação - AHI, 2011. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br>>. Acesso em: 15 jun. 2011.