

## Controle do albedo como estratégia de preservação ambiental em escala de microbacia hidrográfica através de práticas de sensoriamento remoto

Isabela Baesso Américo<sup>1</sup>  
Daniel Noe Coaguila Nuñez<sup>2,3</sup>  
Fernando Braz Tangerino Hernandez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudante da Agronomia, Universidade Estadual Paulista - UNESP Ilha Solteira  
Isabaesso@gmail.com

<sup>2</sup>Doutorando, Universidade Estadual Paulista - UNESP Ilha Solteira  
tuheraldo@gmail.com

<sup>3</sup>Instituto Regional de Ciencias Ambientales - UNSA, Peru.

<sup>4</sup>Professor Titular, Universidade Estadual Paulista - UNESP Ilha Solteira  
fbhtang@agr.feis.unesp.br

**Abstract.** Currently one of the most debated topics around the world is environmental conservation through sustainable economic and practices, aiming at restoring native vegetation of degraded areas, especially where agriculture is inserted. The Cabeceira Comprida watershed is inserted in city of Santa Fé do Sul located in the Northwest of the State of São Paulo founded on June 24, 1948, located in the geographical coordinates 20°12'40 "S and 50°55'33" W with 370 m of altitude. It has a population of 29.239 inhabitants (IBGE, 2010) with an area of 208.2 km<sup>2</sup> and a density of 104.43 inhabitants km<sup>2</sup>. The watershed is the main water source for the city and for the region's farmers; it is an area with 190 acres of permanent preservation areas that needs constant monitoring and planning to avoid future complications due to human interference. The determination of albedo using remote sensing techniques, monitoring the region becomes easier and needed. It is possible to estimate the amount of exposed soil and vegetation by determining the albedo, being the ratio of the incident and reflected solar radiation.

**Palavras-chave:** Watershed, radiation balance, permanent preservation area, images processing.

### 1. Introdução

O albedo é a capacidade que cada superfície possui de refletir radiação solar, cujos valores variam com as características de cada superfície (Oke, 1987). Em sua definição, o albedo é a razão entre os fluxos de radiação solar refletido e incidente, e constitui um parâmetro importante no estudo de mudanças climáticas, desertificação, queimadas e impactos ambientais (Silva et al., 2005). A fração alfa ( $\alpha$ ) da radiação refletida pela superfície pode ser altamente variável para diferentes superfícies e para diferentes ângulos de incidência ou declividade da superfície da terra, pode ser tão grande quanto 0,95 para superfície com neve precipitada e tão pequena quanto 0,05 para um solo nu molhado (Allen, et al., 1998)

Através da determinação do albedo é possível estabelecer parâmetros biofísicos de uma bacia hidrográfica auxiliando nas condições de uso e ocupação com a implementação de práticas sustentáveis e conservacionistas no entorno de determinada bacia hidrográfica. Com o monitoramento, é possível diagnosticar alterações antrópicas e naturais na paisagem, e orientar o estabelecimento de políticas de reversão de um quadro de degradação ambiental (Cunha et al, 2012).

De acordo com Francisco e Carvalho (2004) o monitoramento de bacias hidrográficas de pequeno porte ainda é pouco usual no Brasil, porém, de extrema necessidade a fins de assegurar o desenvolvimento, principalmente local.

No Estado de São Paulo grandes extensões da vegetação primária foram transformadas em agro ecossistemas e a cana-de-açúcar passou a ocupar os solos mais férteis de áreas em

que predominava o Cerradão e a floresta estacional, embora atualmente a mesma esteja também ocupando solos mais arenosos (Silva, 2011). Decorrente dessa influência que agricultura exerce no balanço de energia de determinada região o estudo direcionado às bacias hidrográficas torna-se necessário. Segundo Santos (2012), a bacia hidrográfica se constitui de um processo dinâmico que envolve vários ciclos (água, carbono, entre outros), processos de formação, conservação e degradação do solo, evolução da biodiversidade (animais e plantas) e habitats de diversos seres vivos.

Estudos do balanço hídrico indicam que a região noroeste apresenta déficit hídrico no solo de oito meses, abril a dezembro Santos et al (2010), e ainda a região apresenta a maior taxa de evapotranspiração do Estado e suscetibilidade a veranicos Hernandez et al (1995). O córrego Cabeceira Comprida é o principal manancial de abastecimento da região de Santa Fé do Sul, constituída em sua quase totalidade de área agrícola e de pastagens. Sua fragilidade ambiental e localização requerem estudos que avaliem a exposição do solo e quantidade de vegetação no entorno dessa microbacia para que haja reconstituição da fauna e recomposição da mata ciliar para evitar mais erosões, assoreamentos, exposição do solo e até contaminação dos leitos e água utilizada na irrigação e principalmente para o abastecimento urbano. Esta fragilidade ficou evidente no ano de 2014, quando o manancial sofreu o impacto da crise hídrica.

O sensoriamento remoto orbital tem se apresentado nos últimos anos como uma ferramenta promissora para avaliações tanto no aspecto meteorológico quanto climático (Taghvaeian e Neale, 2011), com sensores remotos a bordo de satélite orbitais oferecendo bases de dados confiáveis para estudos envolvendo os recursos hídricos e o balanço de energia. A estimativa do albedo da superfície pode ser realizada a partir de dados de sensoriamento remoto por diversos algoritmos, partindo-se dos valores de reflectância da superfície contidos nas bandas espectrais de distintos sensores (Liang, 2001).

O *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM, Landsat8) é um satélite que possui o sensor Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), que mede a temperatura da superfície da terra através de duas bandas termais possuindo tecnologia na qual se aplica física quântica para determinação do calor (<http://landsat.gsfc.nasa.gov>).

O objetivo do presente trabalho é estimar o albedo na microbacia hidrográfica do córrego Cabeceira Comprida localizada no município de Santa Fé do Sul, situada no noroeste do Estado de São Paulo, utilizando dados provenientes do satélite Landsat8.

## 2. Metodologia de trabalho

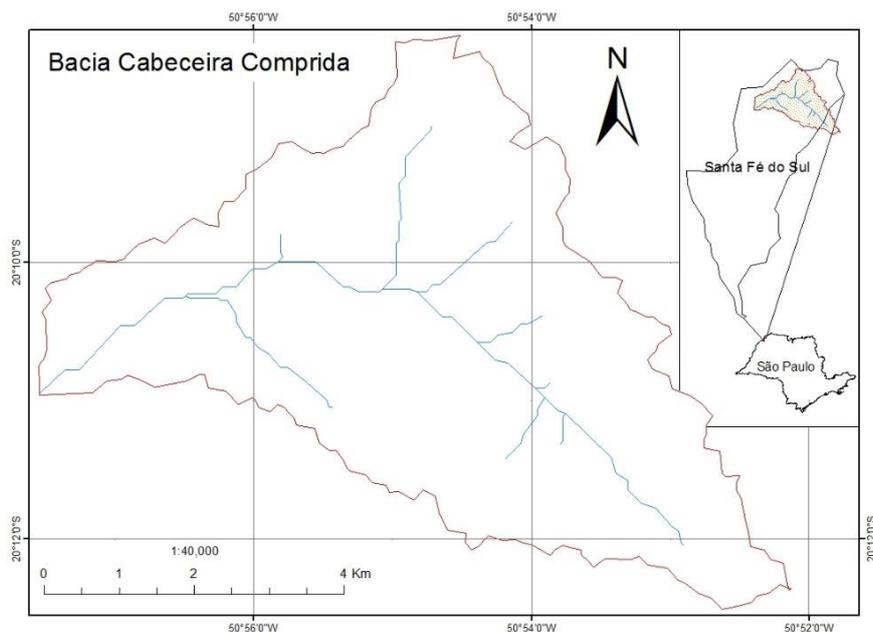
### 2.1. Área de estudo

A microbacia hidrográfica do córrego Cabeceira Comprida (Figura 1) está localizada no município de Santa Fé do Sul, considerada como Estância Turística pelo Estado de São Paulo, localizada nas coordenadas geográficas 20°12'40" S e 50°55'33" W com 370 m de altitude. O município tem uma população de 29.239 habitantes (IBGE, 2010) com uma área de 208,2 km<sup>2</sup> e uma densidade de 104,43 hab km<sup>-2</sup>. A microbacia em estudo possui uma área de 3206,46 hectares, com 20,16 km de hidrografia e que juntamente com as nascentes foi invadida quase em sua totalidade por *Typha* sp. As principais coberturas vegetais presentes na microbacia estão representadas por mata remanescente (APP), culturas perenes (seringueira e citros), culturas anuais, pastagem e espécies invasoras (*Typha* sp.). No passado abundante, hoje sua maior fragilidade é a baixa oferta de água produzida pelas suas 15 nascentes que se encontram desprotegidas, e que devem servir ao uso múltiplo e conflitivo da irrigação agrícola, do abastecimento da população do município e ainda, deve ter sobras para servir como diluente do esgoto produzido pela cidade.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, Hernandez et al. (1995)descreve para a região uma temperatura média anual de 24,5 °C e precipitação pluvial média anual de 1.232 mm, com umidade média anual de 64,8%.

## 2.2. Aquisição de imagens

As imagens do *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM, Landsat8) com orbita 222 e ponto 74, foram adquiridas do *U.S. Geological Survey* (<http://www.usgs.gov>) com data 23 de julho de 2014.



**Figura 1.** Área de estudo, microbacia hidrográfica do córrego Cabeceira Comprida.

## 2.3. Processamento

Antes da obtenção da estimativa do albedo via sensoriamento remoto as imagens foram processadas com correções geométricas, calibrações radiométricas, calibrações atmosféricas e informações biofísicas. O processamento das imagens do satélite foi realizado segundo a metodologia da *U.S. Geological Survey* (<http://www.usgs.gov>), a de Teixeira (2010) e a de Vanhellemont e Ruddick (2014) para as calibrações radiométricas e atmosféricas (Figura 2).

Para o geoprocessamento das informações foi utilizado o software ArcGIS® (ArcMap™) do ESRI que na função *model builder* possibilitou os cálculos dos dados no formato matricial (*raster*).

## 2.4. Radiância

A radiância para cada uma das bandas utilizadas (2-7) no cálculo do albedo, foi calculada com a seguinte equação:

$$L_{\lambda} = M_L * Qcal + A_L \quad (1)$$

onde  $L_{\lambda}$  = valor de radiância espectral no topo da atmosfera (TOA),  $M_L$  = fator multiplicativo de escalado específico por banda,  $Qcal$  = produto padrão quantificado e calibrado para valores de pixel (DN),  $A_L$  = fator aditivo de escalado específico por banda.

## 2.5. Reflectância

Definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação refletida e o fluxo de radiação incidente é obtida segundo a equação (Allen et al., 2002; Vanhellemont e Ruddick, 2014):

$$\rho\lambda = \frac{\pi * L * d^2}{F0 * \cos \theta} \quad (2)$$

Onde,  $L$  é a radiância espectral de cada banda,  $\rho\lambda$  = valor de radiância no topo da atmosfera,  $d$  = distancia terra-sol em unidades astronômicas,  $F0$  = irradiância espectral no Topo da Atmosfera,  $\theta$  = ângulo zenital do sol.

## 2.6. Albedo no topo da atmosfera (TOA) e Albedo de superfície

Os pesos para as diferentes bandas são computadas como a razão da quantidade de radiação de ondas curtas incidente em uma banda particular e a soma da radiação de ondas curtas para todas as bandas no topo da atmosfera (Vanhellemont e Ruddick, 2014). Sendo a equação para o calculo do albedo no TOA ( $\alpha_{TOA}$ ):

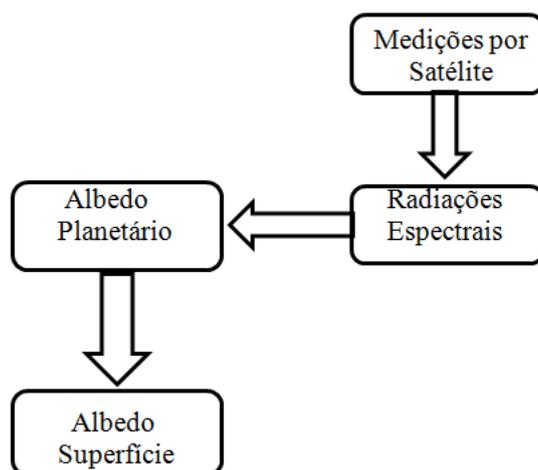
$$\alpha_{TOA} = \sum(\omega_b * \rho\lambda) \quad (3)$$

onde  $\omega_b$  = coeficiente para cada banda,  $\rho\lambda$  = valor de radiância no TOA

A equação utilizada para o calculo do albedo de superfície ( $\alpha_0$ ), se descreve a continuação:

$$\alpha_0 = a * \alpha_{TOA} + b \quad (4)$$

onde  $a = 0,70$  e  $b = 0,06$  são coeficientes de regressão calculados por Teixeira (2013).



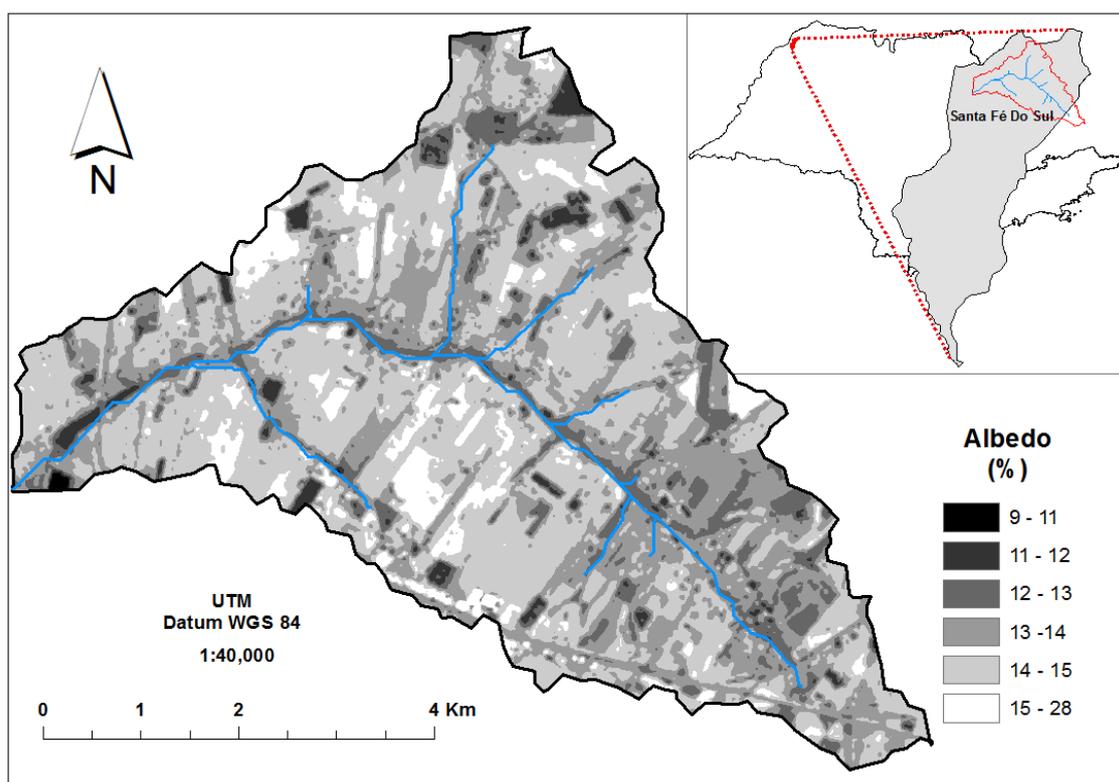
**Figura 2.** Fluxograma para a estimativa do albedo de superfície.

## 3. Resultados e Discussão

Fisicamente, o albedo é inversamente proporcional à capacidade que uma superfície tem de absorver a radiação solar. Deste modo, quando uma superfície possui um albedo elevado, uma grande parcela da radiação de onda curta ( $R_s$ ) é refletida de volta para atmosfera (Mesquita, 2012).

As Figuras 3 e 4 ilustram de diferentes formas a distribuição do albedo na microbacia. Áreas com albedo entre 15% e 28% são observadas predominantemente ao sul do córrego (Figura 4) como consequência de áreas expostas, falta de vegetação e construções rurais e urbanas localizadas nas proximidades, o que deixa o solo totalmente desprotegido e com alta reflectância, sendo 9,35% e 28,34% o mínimo e máximo respectivamente, com uma média de  $13,98 \pm 0,92$  de albedo (%) para a microbacia em estudo. Os valores de reflectância 9,35-13,44% estão atribuídos à vegetação de dossel denso (APP e culturas perenes) e a espécies invasoras do córrego (principalmente *Typha* sp.) que possui taxa de evapotranspiração elevada, consumindo mais água. A microbacia hidrográfica do córrego Cabeceira Comprida, 3.209 hectares, tem 50% da sua área (1.605 hectares) com albedo de 13,44-14,46%.

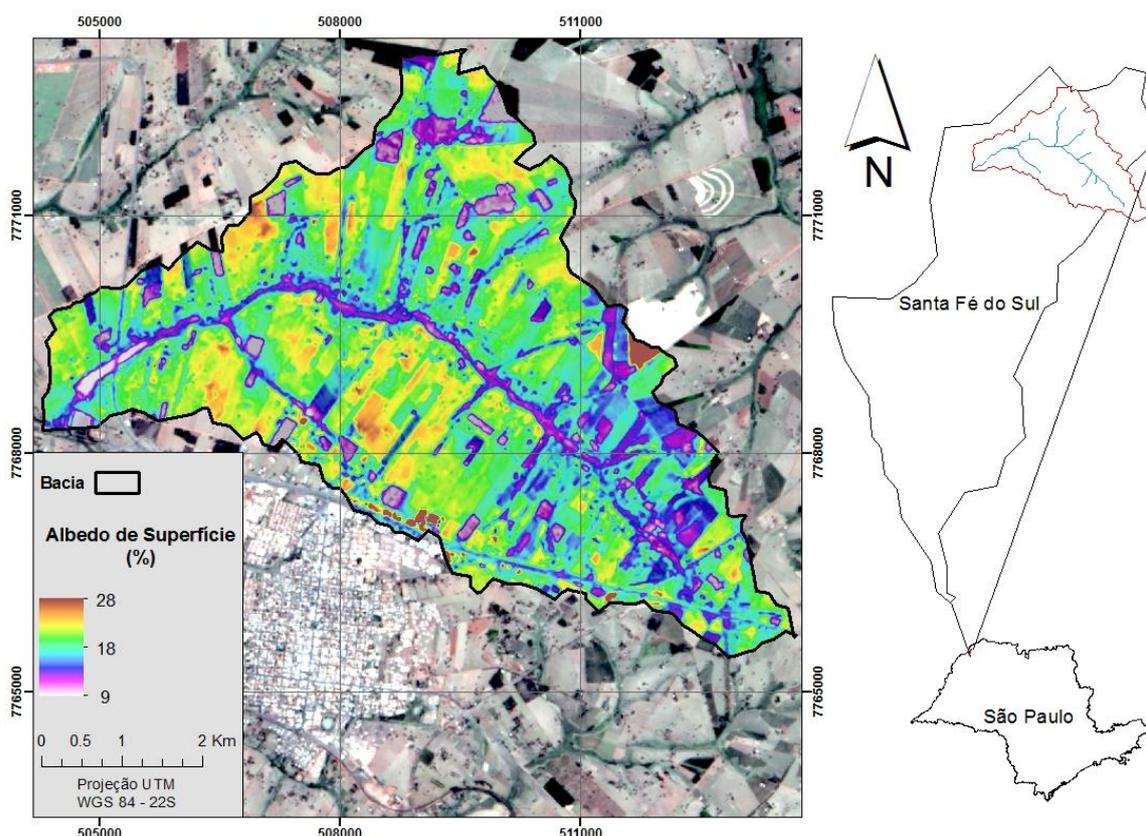
Em estudos recentes Feitosa (2014) encontrou valores médios de albedo no noroeste paulista sendo de 0,16 (16%) em áreas predominantes com cana de açúcar no período de 2008 a 2011, relacionando o albedo com diferentes tipos de uso e ocupação do solo. O autor também afirma que os valores médios no período analisado aumentaram apresentando alta relação entre os valores obtidos para áreas de cana de açúcar e de pastagem, demonstrando que expansão da cana e a degradação estão cada vez mais interferindo no balanço de energia e saldo de radiação disponível.



**Figura 3:** Albedo no entorno da microbacia do córrego Cabeceira Comprida.

As áreas que possuem albedo entre 9-11% são áreas onde se encontram culturas como seringueira e citros e também nota-se a presença de algum tipo de dossel mais denso, resultando em taxas de evapotranspiração atual diferente gerando conflito das culturas por água. A imagem foi obtida na estação seca (julho), e de acordo com Santos e Hernandez (2013) o período de maior necessidade hídrica reduz a vazão dos mananciais, aumentando os problemas com partículas orgânicas e inorgânicas e a quantidade de areia no entorno dos mananciais, prejudicando sistemas de irrigação e favorecendo assoreamento.

O conflito de água devido à presença de diferentes culturas e também da macrófita invasora popularmente conhecida como “Taboa” (*Typha* sp.) no córrego ressalta a importância do monitoramento da microbacia hidrográfica do córrego Cabeceira Comprida, já que produtores de citros e seringueira dependem da água do córrego para suprir as necessidades hídricas das diferentes culturas e ainda suprir as necessidades diárias de água potável da cidade de Santa Fé do Sul. Do ponto de vista ambiental, a microbacia deve produzir água suficiente para garantir a vazão ecológica para diluir os efluentes da estação de tratamento de esgoto do município. A região sofreu com o déficit hídrico decorrente da seca enfrentada durante o ano de 2014, que afetou praticamente o Brasil todo e a maior parte dos reservatórios do Estado de São Paulo.



**Figura 4:** O cálculo do albedo pode variar de 0-1, nesse caso foi calculado em porcentagem e distribuído em escalas.

#### 4. Conclusões

Conclui-se que nas margens do córrego Cabeceira Comprida o albedo é menor, variando entre 13 e 14%, podendo relacionar este valor com a presença de seringueira, citros, pastagens e áreas de APP. Todavia o albedo ainda é alto na maior parte da microbacia hidrográfica, tornando-se necessário a implementação de projetos que diminuam a exposição do solo e aumentem a vegetação nativa do município de Santa Fé do Sul, juntamente com a preservação de áreas de mata remanescentes (APP), favorecendo a diminuição da impermeabilização do solo decorrente de ações antrópicas no entorno da microbacia. Em consequência da seca, o córrego necessita de medidas urgentes de conservação de água e solo para que o abastecimento da população e a agricultura não sejam prejudicados. A avaliação através de métodos práticos de sensoriamento remoto permite a visualização de áreas importantes para que seja encontrado e diagnosticado problemas decorrentes de ações antrópicas e do desenvolvimento urbano e rural juntamente com mudanças climáticas ao longo dos anos.

## 5. Referências Bibliográficas

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998.

Cunha, J.E.; Rufino, I.A.A.; Silva, B.B.; Chaves, I.B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.539-548, 2012.

Feitosa, D.G. **Avaliação temporal e espacial do balanço de radiação, de energia e da evapotranspiração no noroeste paulista, face a mudança no uso do solo**. 2014. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Unesp, Ilha Solteira, 2014.

Hernandez, F.B.T.; Lemos Filho, M.A.F.; Buzetti, S. Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP. 1995. 45 p. (Série Irrigação,1).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 set 2014.

Liang, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I algorithms. **Remote Sensing of Environment**, v. 76, n. 2, p. 213-238, 2001.

Mesquita, F.L.L. **Monitoramento do balanço de radiação na região metropolitana do rio de janeiro**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Departamento de Instituto de Geociências do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

Oke, T.R. **Boundary layer climates**. London: Routledge, 1987. 435p.

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>>. Acesso em: 22 out 2014.

Santos, G.O.; Hernandez, F.B.T.; Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.1, p.60-68, 2013.

Silva, B. B.; Lopes, G.M.; Azevedo, P.V. de. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT5 - TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, p.201-211, 2005.

Taghvaeian, S.; Neale, C.M.U. Water balance of irrigated areas: a remote sensing approach. **Hydrological Processes**, v.25, n.26, p.4132-4141, 2011.

Teixeira, A.H.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.

Vanhellemont, Q.; Ruddick, K. Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8. **Remote Sensing of Environment**, v. 145, p. 105-115, 2014.