

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 21/09/2018.

ARGEMIRO JOSÉ MORENO ARTEAGA

**ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO LÍQUIDA NA SUPERFÍCIE E FLUXO DE CALOR
NO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS:
ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO UNA, IBIÚNA/SP**

Sorocaba
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*

ARGEMIRO JOSÉ MORENO ARTEAGA

**ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO LÍQUIDA NA SUPERFÍCIE E FLUXO DE CALOR
NO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS:
ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO UNA, IBIÚNA/SP**

Dissertação apresentada como requisito
para a obtenção do título de Mestre em
Ciências Ambientais da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho” na Área de Concentração
Diagnóstico, Tratamento e Recuperação
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Roberto Wagner
Lourenço

Sorocaba
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Arteaga, Argemiro José Moreno.

Estimativa da radiação líquida na superfície e fluxo de calor no solo em bacias hidrográficas: estudo de caso na Bacia do Rio Una, Ibiúna/SP / Argemiro José Moreno Arteaga, 2017.
85 f.: il.

Orientador: Roberto Wagner Lourenço.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), 2017.

1. Radiação. 2. Bacias hidrográficas. 3. Sensoriamento remoto. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba). II. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: **ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO LÍQUIDA NA SUPERFÍCIE E FLUXO DE CALOR NO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO UNA, IBIÚNA/SP**

AUTOR: ARGEMIRO JOSE MORENO ARTEAGA

ORIENTADOR: ROBERTO WAGNER LOURENCO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ROBERTO WAGNER LOURENCO
Ciências Ambientais / UNESP Sorocaba


Prof. Dr. PAULO SÉRGIO TONELLO
Departamento de Engenharia Ambiental / Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP – Sorocaba


Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA
Coordenadoria do Curso de Engenharia Ambiental / Universidade de Sorocaba (UNISO)

Sorocaba, 21 de setembro de 2017

Esta investigación es dedicada a mi madre
Almiris Arteaga Hernandez.

AGRADECIMENTOS

A Deus por dar-me a sabedoria necessária e força nos momentos difícil.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Aos funcionários e professores do Campus de Sorocaba pelo auxílio na realização deste trabalho, em especial ao professor Prof. Dr. Roberto Wagner Lourenço pela orientação.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais.

A meu irmão Alfredo Daniel Moreno Arteaga por toda a ajuda oferecida.

A meus amigos Fracis Lai, Eduardo Liberado, Marco Abreou e todas as amizades que fiz na Aliança Bíblica Universitária do Brasil (ABUB) pelo apóio, convivência e motivação.

A José Carlos Souza por todas suas orientações.

Arteaga, A. J. M. **Estimativa da radiação líquida na superfície e fluxo de calor no solo em bacias hidrográficas: estudo de caso na Bacia do Rio Una, Ibiúna/SP.** 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Câmpus Experimental de Sorocaba, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2017.

RESUMO

Esta pesquisa visa estimar a radiação líquida na superfície e o fluxo calor no solo na bacia hidrográfica do Rio Una, no Estado de São Paulo, a fim de analisar seu comportamento nas áreas naturais de mata atlântica e as intervindas com construções urbanas, avaliando a influência sofrida pelas modificações ambientais. Para isto, aplicaram-se técnicas de geoprocessamento utilizando quatro imagens digitais Landsat-8, uma imagem representativa de cada estação climática, além, foi utilizada uma imagem digital ASTER como modelo digital de elevação da bacia. Com as quais se estimaram para cada estação do ano, valores de temperatura superficial, albedo, radiação de onda curta e longa incidente, radiação emitida e a respectiva representação espacial da radiação líquida na superfície e fluxo de calor no solo. Nos resultados, as áreas com edificações urbanas, comparados com as de mata atlântica, apresentaram semelhante incidência de radiação de onda longa e curta incidente; mas, superiores os valores de albedo, temperatura superficial, radiação emitida e, conseqüentemente, a radiação líquida na superfície determinada foi de inferior magnitude e o fluxo de calor no solo maior; o que representa deslocamento de energia para a atmosfera pelas edificações. Assim, demonstraram-se alterações ambientais na bacia que podem influenciar nas condições climáticas, seja a nível local ou regional, principalmente porque a energia deslocada pode ser interceptada por gases de efeito estufa como gás carbônico e metano, que contribuem no aumento da temperatura média do ar. Os resultados obtidos foram comparados com dados encontrados na literatura, mostrando adequada funcionalidade da metodologia empregada.

Palavras-chave: Radiação; Mata; Edificações; Temperatura; Landsat; Sensoriamento remoto.

Arteaga, A. J. M. **Estimative the net radiation flux at the surface and soil heat flux in watersheds:** Case study in the watersheds Rio Una, Ibiúna / SP. 2017. 85 f. Dissertation (Master's degree Environmental Sciences) – Câmpus Experimental de Sorocaba, UNESP - Univ Estadual Paulista, Sorocaba, 2017.

ABSTRACT

This research aims to estimate the net radiation at the surface and the heat flux in the soil in the watershed of Una River, in the state of Sao Paulo, in order to analyze their behavior in the natural areas of Atlantic forest and the intervening with urban constructions. For this, geoprocessing techniques were applied using four digital images Landsat-8, an image representative of each climatic season, in addition, an ASTER image was used as digital model of basin elevation. With which they were estimated for each season of the year, values of land surface temperature, surface albedo, incident long-wave radiation, incident short-wave radiation, long-wave radiation emitted and the respective spatial representation of the net radiation at the surface and soil heat flux. In the results, areas with urban buildings, compared with those of Atlantic Forest, presented similar incident long-wave and short-wave radiation; but, higher albedo values, land surface temperature, long-wave radiation emitted and, consequently, the net radiation at the surface determined was of lower magnitude and the heat flux in the soil greater; which represents displacement of energy to the atmosphere by the buildings. Thus, environmental changes have been demonstrated in the basin that can influence the climatic conditions, locally or regionally, mainly because displaced energy can be intercepted by greenhouse gases such as carbon dioxide and methane, which contribute to the increase in the average air temperature. The results obtained were compared with data found in the literature, showing adequate functionality of the methodology used.

Keywords: Radiation; forest; buildings; Temperature; Landsat; Remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia do Rio Una.....	25
Figura 2 - Processo de incidência, refletância e emitância das radiações entre a atmosfera e a superfície terrestre.....	28
Figura 3 - Imagens Landsat 8 a cor natural da bacia do Rio Una nas estações climáticas.....	40
Figura 4 - Distribuição espacial das áreas com edificações urbanas e matas na bacia do Rio Una.....	41
Figura 5 - Mapa de NDVI na bacia do Rio Una nas estações climáticas.....	44
Figura 6 - Histograma de frequência dos valores de NDVI.....	45
Figura 7 - Mapa de NDVI com as áreas de mata e edificações urbanas na Bacia do Rio Una.....	46
Figura 8 - Gráfico comparativo dos valores mínimos, médios e máximos de NDVI das áreas de mata e edificações urbanas.....	47
Figura 9 - Mapa de temperatura da superfície na Bacia do Rio Una nas estações climáticas.....	48
Figura 10 - Histograma de frequência dos valores de temperatura superficial da bacia.....	49
Figura 11 - Mapa de temperatura superficial da Bacia do Rio Una com as áreas de mata e edificações urbanas.....	50

Figura 12 - Gráfico de valores mínimos, médios e máximos de temperatura superficial das áreas de mata e edificações urbanas.....	51
Figura 13 - Mapas de Albedo da Bacia do Rio Una nas estações climáticas.....	53
Figura 14 - Histograma de frequência dos valores de albedo superficial da bacia nas estações climáticas.....	54
Figura 15 - Mapas de albedo da bacia do Rio Una com as áreas de mata e edificações urbanas.....	55
Figura 16 - Gráfico comparativo dos valores mínimos, médios e máximos de albedo superficial das áreas de mata e edificações urbanas.....	56
Figura 17 - Mapas de radiação solar de onda curta incidente na bacia do Rio Una nas estações climáticas.....	58
Figura 18 - Histograma de frequência dos valores de Radiação de onda curta incidente na bacia nas estações climáticas.....	59
Figura 19 - Mapas de radiação de onda longa incidente na bacia do Rio Una nas estações climáticas.....	61
Figura 20 - Histograma de frequência dos valores de Radiação de onda longa incidente na bacia nas estações climáticas.....	62
Figura 21 - Mapas de Radiação de onda longa emitida pela superfície da bacia nas estações climáticas.....	63
Figura 22 - Histograma de frequência dos valores de Radiação de onda longa emitida na bacia nas estações climáticas.....	64
Figura 23 - Mapas de radiação de onda longa emitida pela superfície da bacia nas áreas de mata e edificações urbanas.....	65

Figura 24 - Gráfica comparativa de valores mínimos, médios e máximos da radiação emitida pelas áreas de mata e edificações urbanas.....	66
Figura 25 - Mapas de radiação líquida na superfície da bacia do Rio Una nas estações climáticas.....	68
Figura 26 - Histograma de frequência dos valores de Radiação líquida na superfície da bacia nas estações climáticas.....	69
Figura 27 - Mapas de radiação líquida na superfície da bacia nas áreas de mata e edificações urbanas.....	70
Figura 28 - Gráfico comparativo dos valores mínimos, médios e máximos de radiação líquida nas áreas de mata e edificações urbanas.....	71
Figura 29 - Mapas de fluxos de calor no solo da bacia do Rio Una nas estações climáticas.....	73
Figura 30 - Histograma de frequência dos valores de fluxo de calor no solo na bacia nas estações climáticas.....	74
Figura 31 - Mapas de fluxo de calor no solo da bacia do Rio Una nas áreas de mata e edificações urbanas.....	75
Figura 32 - Gráfico comparativo dos valores mínimos, médios e máximos de fluxo de calor no solo nas áreas de mata e edificações urbanas.....	76

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Valores mínimos, médios e máximos da radiação líquida e fluxo de calor, e os parâmetros utilizados para seu cálculo, nas áreas de mata e edificações urbanas nas estações climáticas.....43

Tabela 2 - Dado empregado na estimativa da radiação líquida da superfície e fluxo de calor do solo.....43

Tabela 3 - Temperatura superficial em cada estação climática.....50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A_L	= Fator aditivo da radiância para a banda 10 da imagem Landsat
A_p	= Fator aditivo de reescalonamento para as bandas da imagem Landsat
cos	= Cosseno de um ângulo
°C	= Grados centigrados
d_n	= Dia sequencial do ano segundo calendário Juliano
d_r	= Distância relativa entre a Terra e o Sol
ESRI	= Environmental Systems Research Institute
G	= Fluxo de calor no solo
G_{SC}	= Constante solar que atinge na superfície da atmosfera terrestre
K	= Grados Kelvin
K_1	= Constantes de calibração da banda 10 da imagem Landsat
K_2	= Constantes de calibração da banda 10 da imagem Landsat
L	= Fator de correção para SAVI que minimiza o efeito do solo
L_λ	= Radiância espectral no topo da atmosfera da banda 10 da imagem
LAI	= Índice de área foliar
ln	= Logaritmo natural de um valor
m	= Metros
M_L	= Fator multiplicativo da radiância para a banda 10 da imagem Landsat
M_p	= Fator multiplicativo de reescalonamento para as bandas da imagem L
NDVI	= Índice de vegetação por diferença normalizada
OLI	= Operacional Terra Imager
Q_{cal}	= Número digital para cada pixel das bandas da imagem Landsat
R_n	= Radiação líquida na superfície da bacia
$R_{L\downarrow}$	= Radiação de onda longa incidente
$R_{L\uparrow}$	= Radiação de onda longa emitida pela superfície
$R_{S\downarrow}$	= Radiação de onda curta incidente
SAVI	= Índice de vegetação ajustado ao solo
SEBAL	= Surface Energy Balance Algorithms for Land
SI	= Sistema Internacional de Unidades
SIG	= Sistema de informação geográfica
T_a	= Temperatura média diária do ar
TIRS	= Thermal InfraRed Sensor

T_s	= Temperatura da superfície
W	= Watt
z	= Elevação acima do nível do mar
α	= Albedo da superfície da bacia
α_a	= Espalhamento da radiação solar na atmosfera
α_{TOA}	= Albedo no topo da atmosfera
ε_a	= Emissividade da atmosfera
ε_0	= Emissividade térmica da superfície da bacia
T_{sw}	= Transmitância atmosférica da radiação solar incidente para céu claro
θ	= Ângulo de elevação solar (°)
π	= Constante numérica matemática
ρ_λ	= Refletância planetária no topo da atmosfera
ρ_2	= Refletância planetária no topo da atmosfera da banda 2 da imagem Landsat
ρ_3	= Refletância planetária no topo da atmosfera da banda 3 da imagem Landsat
ρ_4	= Refletância planetária no topo da atmosfera da banda 4 da imagem Landsat
ρ_5	= Refletância planetária no topo da atmosfera da banda 5 da imagem Landsat
ρ_6	= Refletância planetária no topo da atmosfera da banda 6 da imagem Landsat
ρ_7	= Refletância planetária no topo da atmosfera da banda 7 da imagem Landsat
σ	= Constante de Stefan-Boltzmann
T_{sw}	= Transmitância atmosférica para dias de céu claro
ω_λ	= Coeficientes de peso das bandas monocromáticas da imagem Landsat
ω_2	= Coeficientes de peso da banda 2 da imagem Landsat
ω_3	= Coeficientes de peso da banda 3 da imagem Landsat
ω_4	= Coeficientes de peso da banda 4 da imagem Landsat
ω_5	= Coeficientes de peso da banda 5 da imagem Landsat
ω_6	= Coeficientes de peso da banda 6 da imagem Landsat
ω_7	= Coeficientes de peso da banda 7 da imagem Landsat

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO BILIOGRÁFICA.....	18
2.1. Radiação solar.....	18
2.2. Radiação solar na superfície da Terra.....	18
2.3. Radiação líquida na superfície.....	19
2.4. Fluxo de calor no solo	20
2.5. Estimativa de radiação líquida na superfície e fluxo de calor no solo.....	20
2.6. Geoprocessamento e sensoriamento remoto.....	21
3. OBJETIVOS.....	24
3.1. Objetivo geral.....	24
3.2. Objetivo específicos.....	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1. Área de Estudo.....	25
4.2. Materiais.....	25
4.2.1. Imagens de Satélite.....	25
4.2.2. Dados meteorológicos.....	26
4.3. Método empregado.....	27
4.3.1. Cálculo da radiação líquida na superfície.....	27
4.3.1.1. Radiação de onda curta incidente.....	28
4.3.1.2. Albedo da superfície.....	29
4.3.1.3. Radiação de onda longa incidente.....	31
4.3.1.4. Radiação de onda longa emitida.....	32
4.3.2. Cálculo do fluxo de calor no solo.....	36
4.4. Fluxograma do método empregado.....	37

4.4.1. Fluxograma de texto do método.....	37
4.4.2. Fluxograma de equações do método.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1. Índice vegetação por diferença normalizada da bacia do Rio Una.....	43
5.2. Temperatura da superfície da bacia do Rio Una.....	48
5.3. Albedo da bacia do Rio Una.....	52
5.4. Radiação de onda curta incidente na superfície da bacia do Rio Una.....	57
5.5. Radiação de onda longa incidente na bacia do Rio Una.....	60
5.6. Radiação de onda longa emitida pela superfície da bacia do Rio Una.....	62
5.7. Radiação líquida na superfície da bacia do Rio Una.....	67
5.8. Fluxo de calor no solo na bacia do Rio Una.....	72
6. CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS.....	79

1. INTRODUÇÃO

A radiação solar atua diretamente sobre o desenvolvimento e o crescimento das plantas, como também sobre a evapotranspiração da água, o aquecimento da cobertura superficial da Terra e do ar (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007; TANG et al., 2013; KING et al., 2015). A interação que tem a radiação incidente entre a atmosfera e a superfície terrestre regula o comportamento do clima na biosfera, sendo que qualquer fator que transforme ou altere as propriedades das coberturas superficiais, afeta as características climáticas do planeta (BASTIAANSSEN et al., 1998; SANTOS, 2011; HANSEN et al., 2011).

O crescimento das atividades humanas, como a agrícola e expansão urbana com a construção de edificações, sem planejamento adequado a falta de políticas públicas eficazes para a regulamentação e controle no ordenamento do território, vem promovendo supressão de áreas ambientais naturais, gerando modificações nos processos de absorção e refletância do fluxo de radiação incidente na superfície terrestre (FARIA; SCHVARSBERG, 2011; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA), 2016).

Assim, a quantidade de energia que chega à superfície do planeta é determinada pelas radiações atingidas, porém, a energia armazenada é determinada pelo tipo de cobertura, devido a que os corpos terrestres também podem emitir energia em forma de radiação de volta à atmosfera conforme a suas propriedades absorptivas e refletivas, pois as coberturas interceptam radiações incidentes e a transportam para seu interior como calor (transferência de energia térmica) com o consequente aumento de sua temperatura e emissividade (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007; VELOSO, 2014; SCHMID; HUNZIKER; WÜEST, 2014). Sendo isto de extrema importância, considerando que os gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono e o metano, são aquecidos pela radiação emitida na superfície terrestre, causando mudança no clima (DONOHUE et al., 2014).

Então analisar o comportamento da radiação na superfície e fluxo de calor no solo ajuda a compreender os consequentes efeitos ao clima pelas alterações ambientais causadas com a mudança das coberturas naturais devido aos distintos usos e ocupações do solo estabelecido pelas diversas intervenções antrópicas. É de fundamental importância para entender as interações dos ecossistemas naturais e as respostas das áreas alteradas pelo ser humano nos processos de transferência

de carbono e energia entre a superfície e sua atmosfera, com os decorrentes impactos no equilíbrio climático global (DONOHOEA et al., 2014; ZHOU; SAVIJÄRVI, 2014; SANTOS et al., 2015); contribuindo com a compreensão deste fenômeno, de modo atingir um desenvolvimento sustentável com a gestão e planejamento racional dos recursos naturais a fim de minimizar os impactos ambientais causado com seu uso.

6. CONCLUSÃO

Nas estações climáticas, as distintas faixas de valores de radiação de onda longa emitida pela superfície, a radiação de onda curta incidente, a radiação de onda longa incidente e radiação líquida resultante, correspondem dentro dos intervalos de variação referenciados na literatura. Também, ao ser comparada a radiação líquida na superfície, temperatura e albedo com outros estudos no Brasil apresenta apropriada correlação. Quanto os valores fluxo de calor no solo, por derivar da radiação líquida, temperatura e albedo, estimasse adequada representatividade.

Então a representação espacial de radiação líquida na superfície e o fluxo de calor do solo na bacia do Rio Una, com a metodologia implementada utilizando imagens de satélite Landsat 8, mostrou adequado funcionalidade, mas sem saber a precisão nos valores obtidos.

Corroborasse que o emprego de imagens digitais Landsat 8 pode subministrar informação eficiente e fatível de desenvolver.

Evidenciou-se que a vegetação traz um importante papel na transferência de energia entre a superfície da Terra e sua atmosfera. Ao confrontar as áreas de matas com a de edificações urbanas, os valores de fluxo de calor no solo e radiação líquida na superfície apresentaram significativas diferenças que evidenciam alterações ambientais na bacia.

As áreas desprovidas de cobertura vegetal, ao serem substituídas pelas edificações antrópicas, na ausência de processos físico-químicos vegetais e de transpiração, faz que a radiação solar incida em sua maioria diretamente na superfície, aumentando a refletância desta como também sua absorção no aquecimento do solo, provocando alto fluxo de calor para seu interior e, conseqüentemente, a elevação de sua temperatura. Isso gera aumento da energia térmica emitida em forma de radiação de onda longa; ficando então a radiação líquida na superfície em mínima quantidade, pelo deslocamento de energia para a atmosfera, com relação às áreas de mata.

Sendo assim, as florestas em uma bacia hidrográfica mediante o consumo de radiação incidente cumprem importantes funções, tais como, de regular o ciclo hidrológico participando no transporte de água para a atmosfera, influenciam na temperatura do ar e absorve gás carbônico mediante a fotossíntese, além de se tornar protetor dos solos pelos processos erosivos. As edificações urbanas se

materializam na alteração da transferência de água, gás carbônico e energia entre a superfície da terra e sua atmosfera, como também em ser um causante da degradação dos solos.

Este comportamento induzido pela intervenção humana intervém desfavoravelmente no equilíbrio climático, seja forte o fracamente, a nível local ou regional, considerando que a radiação de onda longa emitida para atmosfera por uma superfície é absorvida por gases de efeito estufa como gás carbônico, metano e ozônio, que contribuem com o aquecimento global, que implica o aumento da temperatura média do ar.

Então o desmatamento pela mudança do uso e ocupação do solo está intensificando os processos descritos acima; assim estudos com essa abordagem devem colaborar com segmentos de gestão, públicos e/ou privados, no sentido de promover diretrizes em que esses impactos sejam mitigados por meios de ações de manejo eficiente do uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

- ACCUWEATHER. **Ibiúna, Brasil Meteorologia**. Disponível em: < <http://www.accuweather.com/pt/br/ibiuna/36607/decemberweather/36607?monyr=12/1/2016&view=table>>. Acesso em: 12 dec. 2016.
- ALLEN, R. G., et al. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual–Idaho Implementation**, v.1. 2002. 97 p. Disponível em: < <http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-479-Waters-et-al-SEBAL.pdf>>. Acesso em: 27 Jul. 2017.
- ALLEN, R. G. A.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC)— Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 4, p. 10–12, 2007.
- ALLEN, R.; IRMAK, A.; TREZZA, R.; HENDRICKX, J. M. H.; BASTIAANSEN, WIM.; KJAERGAARD, J. Satellite-based ET estimation in agriculture using SEBAL and METRIC. **Hydrological Processes**, v. 25, p. 4011–4027, 2011.
- BALOGH, T. S.; VELASCO, M.V. R.; PEDRIALI, C. A.; KANEKO, T. M.; BABY, A. R. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **An. Bras. Dermatol**, v. 86, n.4, p. 732-742, 2011.
- BASTIAANSEN, W. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal Hydrology**, p.87–100, 2000.
- BASTIAANSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL):1.Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212–213, p. 198–212, 1998.
- BRAGA, A. P. et al. Balanço de radiação em áreas do cerrado brasileiro por sensoriamento remoto. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.29, n.2, p.119-126, 2014.
- BORATTO, P. I. M.; GOMIDE, R. L. Espacialização dos componentes do balanço de energia e de evapotranspiração na região Norte de Minas Gerais, utilizando o modelo SEBAL e imagens orbitais Landsat 5 TM. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, p. 7345 – 7352, 2013.
- CAMMALLERI, C.; CIRAULO, G.; LOGGIA, G. L.; MALTESE, A. Daily evapotranspiration assessment by means of residual surface energy balance modeling: A critical analysis under a wide range of water availability. **Journal of Hydrology**, v.

452, p.119–129, 2012.

CHABI, A. et al. Allometric models and aboveground biomass stocks of a West African Sudan Savannah watershed in Benin. **Carbon Balance Manage**, p. 11-16, 2016.

CHIEN, W. et al. Study of NDVI Application on Turbidity in Reservoirs. **J Indian Soc Remote Sens**, v. 44, n. 5, p. 829–836, 2016.

COELHO, A.L.N.; CORREA, W.S.C. Temperatura de superfície célsius do sensor TIRS/landsat-8: Metodologia e aplicações. **Rev. Geogr. Academica**, Espirito Santo, v. 7, n.1, p. 31 - 45. 2013.

DONOHUE, A. et al. Shortwave and longwave radiative contributions to global warming under increasing CO₂. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 47, p. 16700–16705, 2014.

DU, J. et al. Evapotranspiration Estimation Based on MODIS Products and Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL) Model in Sanjiang Plain, Northeast China. **Chinese Geographical Science**, v. 23 n.1, p. 73–91, 2013. DOI: 10.1007/s11769-013-0587-8

FARIA, R.; SCHVARSBERG, B. **Políticas urbanas e regionais no brasil**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU-UnB), 2011. 229 p.

GARBRECHT, O.; AL-SIBAI, F.; KNEER, R.; WIEGHARDT, K. CFD-simulation of a new receiver design for a molten salt solar power tower. **Solar Energy**, v. 90, p. 94–106, 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**, Campina Grande, v. 18, n. 8, p. 833-838. 2014.

GOMES, H. B. **Balanço de radiação e energia em Áreas de cultivo de cana-de-açúcar e cerrado no estado de São Paulo mediante imagens orbitais**. 2009. 125 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Unidade acadêmica de ciências atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

GUSMÃO, A. C. V. L. et al. Determinação do saldo radiativo na Ilha do Bananal, TO, com imagens orbitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n.

10, p. 1107 – 1114, 2012.

HANSEN, J. et al. Earth's energy imbalance and implications. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 11, n. 24, p. 13421–13449, 2011.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295–309, 1988.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Relatório brasileiro para o Habitat III**. 3. ed. ConCidades: Brasília DF, 2016. 139 p.

IQBAL, M. An Introduction to Solar Radiation. Toronto, **Academic Press**, 1983.

JIM, C. Y. Solar–terrestrial radiant-energy regimes and temperature anomalies of natural and artificial turfs. **Applied Energy**, v. 173, p.520–534, 2016.

KARAN, S. K.; SAMADDER, S. R.; MAITI, S. K. Assessment of the capability of remote sensing and GIS techniques for monitoring reclamation success in coal mine degraded lands. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 272-283, 2016.

KING, D. A. et al. Estimation of potential evapotranspiration from extraterrestrial radiation, air temperature and humidity to assess future climate change effects on the vegetation of the Northern Great Plains, USA. **Ecological Modelling**, v. 297, p. 86–97, 2015.

LANORTE, A. et al. Fisher–Shannon information plane analysis of SPOT/VEGETATION Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) time series to characterize vegetation recovery after fire disturbance. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 26, p. 441- 446, 2014.

LI, Z.; LIU, X.; MA, T.; KEJIA, D.; ZHOU, Q.; YAO, B.; NIU, T. Retrieval of the surface evapotranspiration patterns in the alpine grassland–wetland ecosystem applying SEBAL model in the source region of the Yellow River, China. **Ecological Modelling**, v. 270, p.64–75, 2013.

MACHADO, C. C.; SILVA, B. B.; ALBUQUERQUE, M. B.; GALVÍNCIO, J. D. Estimativa do balanço de energia utilizando imagens TM –Landsat 5 e o algoritmo sebal no litoral sul de Pernambuco, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.1, p.55 - 67, 2014.

MAEDA, E. E. et al. Estudo da variabilidade de índices de vegetação através de imagens do

ETM+/LANDSAT 7. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Florianópolis, Brasil, p.5995-6002, 2007.

MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade Caracterização: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI**. 2. ed. Brasília: MMA, 2006. 212 p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. DE. **Introdução ao processamento de imagem de sensoriamento remoto**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1997. 206 f.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Agência de **Informação Embrapa. Instrumentos Eletrônicos**. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_195_288200612379.html>. Acesso em: 07 nov. 2016.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **LCE 306 Meteorologia Agrícola: (Edição Revista e Ampliada)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, 2007. 202 p.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G.; SMITH, M.; RAES, D. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management**, v.147, p.4–20, 2015.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Grupo de trabalho de energia solar, 2014. 69 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). **Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission): Productos LDCM - Landsat 8**. 1 ed. Bogotá: IGAC, 2013. Disponível em: < <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José Dos Campos: Ed Parêntese, 2010.

POÇAS, I.; CUNHA, M.; PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Using remote sensing energy balance and evapotranspiration to characterize montane landscape vegetation with focus on grass and pasture lands. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 21, p.159–172, 2013.

- QUINTANO, C. et al. Land surface temperature as potential indicator of burn severity in forest Mediterranean ecosystems. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 36, p. 1–12, 2015.
- ROUSE, J. W. et al. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC Type III Final Report, p. 371, 1974.
- RUDY, A. C. A. et al. Identifying permafrost slope disturbance using multi-temporal optical satellite images and change detection techniques. **Cold Regions Science and Technology**, v. 88, p. 37–49, 2013.
- RUHOFF, L. A.; SILVA, B. B.; ROCHA, R. H. Determinação da irradiância solar no topo da atmosfera para cálculo do albedo e balanço de energia a partir de imagens LANDSAT 8 OLI. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB**, Brasil, Abr. de 2015.
- RWASOKA, D. T.; GUMINDOGA, W.; GWENZI, J. Estimation of actual evapotranspiration using the Surface Energy Balance System (SEBS) algorithm in the Upper Manyame catchment in Zimbabwe. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 36, p. 736–746, 2011.
- SÃO PAULO (ESTADO). **Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhsmt/apresentacao>>. Acesso em: 23 fev. 2017.
- SANTOS, F. A. C. **Alterações no balanço radiativo e impactos climáticos decorrentes do uso da terra no estado de São Paulo**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Unidade acadêmica de ciências atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.
- SANTOS, A. R. D. et al. **Sensoriamento Remoto no Arcgis 10.2.2: Passo a passo**. 1. ed. CAUFES: Alegre, ES, 2014. 107 p.
- SANTOS, F. A. C. et al. Desempenho de metodologias para estimativa do saldo de radiação a partir de imagens MODIS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, p. 295 – 306, 2015.
- SANTOS, F. A. C. et al. Diferentes modelos de estimativa da radiação de onda longa a partir de dados MODIS/TERRA. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu**, p. 8698-8705, abr. 2013.

SALES, J, C, A. **Metodologia para identificação de áreas de risco e prioritárias para conservação da avifauna na bacia hidrográfica do Rio Una, Ibiuna/SP.**

Sorocaba. 2015. 112f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Ambientais) Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista, 2015.

SCHMID, M.; HUNZIKER, S.; WÜEST, A. Lake surface temperatures in a changing climate: A global sensitivity analysis. **Climatic Change**, v. 124, n. 1–2, p. 301–315, 2014.

SILVA, B. B. D. et al. Determination of instantaneous and daily net radiation from TM – Landsat 5 data in a subtropical watershed. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 135, p. 42–49. 2015.

SILVA B. B. D. et al. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 3-8. 2016.

SUN, Z. et al. Evapotranspiration estimation based on the SEBAL model in the Nansi Lake Wetland of China. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 54, n. 3–4, p. 1086–1092, 2011. DOI: 10.1016/j.mcm.2010.11.039

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.13, n.2, p.51-63, 2008.

TANG, R. et al. Spatial-scale effect on the SEBAL model for evapotranspiration estimation using remote sensing data. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 174–175, p. 28–42, 2013.

INSTITUTO METEOROLOGICO DE PESQUITA DE BAURU (IPMet – Bauru). **Estações do ano**. Bauru, 2017. Disponível em: < https://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&abre=ipmet_html/estacao/index.php#>. Acesso em: 23 fev. 2017.

COMISSÃO EUROPEIA. **Energia Fotovoltaica - Manual sobre tecnologias, projecto e instalação**, 2004. 1 ed. Disponível em: < <http://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Landsat 8 (L8) Data Users**

Handbook. 2. ed. LDS: Sioux Falls, South Dakota, 2016. 98 p.

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**. 2014. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Área de concentração em geografia e gestão do território, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

WU, S.-T.; CHEN, Y.-S. Examining eco-environmental changes at major recreational sites in Kenting National Park in Taiwan by integrating SPOT satellite images and NDVI. **Tourism Management**, v. 57, p. 23–36, 2016.

ZHOU, Y.; SAVIJÄRVI, H. The effect of aerosols on long wave radiation and global warming. **Atmospheric Research**, v. 135–136, p. 102–111, 2014.