



ANÁLISE DO BALANÇO DE RADIAÇÃO E ENERGIA EM ÁREAS DE VEREDAS NO NORTE DE MINAS GERAIS, BIOMA CERRADO

ANALYSIS OF THE RADIATION AND ENERGY BALANCE IN VEREDAS AREAS IN NORTHERN MINAS GERAIS, CERRADO BIOME

ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN Y EL EQUILIBRIO ENERGÉTICO EN LAS ZONAS DE VEREDA EN EL NORTE DE MINAS GERAIS, CERRADO BIOME

Gabriel Alves Veloso  

Universidade Federal do Pará - UFPA, Santarém, Pará, Brasil

E-mail: <gabrielveloso.geo@gmail.com>

Lucas Augusto Pereira da Silva  

Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONES, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil

E-mail: <lucaskaio1605@gmail.com>

Manuel Eduardo Ferreira  

Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, Goiás, Brasil

E-mail: <mferreira.geo@gmail.com>

RESUMO

A vereda, típica formação no bioma Cerrado, é reconhecida por sua elevada capacidade de recarga hídrica, em função de uma topografia plana, solos hidromórficos e proximidade de matas de galeria/cursos hidrográficos. Estudos nesses ambientes ainda são escassos, especialmente aqueles voltados para o entendimento da dinâmica do balanço de radiação e energia, relacionado com processos ecológicos e climáticos. O objetivo do trabalho é analisar o comportamento do balanço de energia em ambientes de veredas no Norte de Minas Gerais, em área amostral específica, com técnicas avançadas de sensoriamento remoto, aplicando-se o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). No contexto do balanço de energia, os seguintes valores médios foram obtidos para o inverno e verão, respectivamente: R_n 24 h de 98,71 Wm^{-2} e 230,95 Wm^{-2} ; G de 53,43 Wm^{-2} e 80,84 Wm^{-2} ; H de 26,93 Wm^{-2} e 88,52 Wm^{-2} ; LE de 77,78 Wm^{-2} e 142,34 Wm^{-2} ; e taxa de evapotranspiração de 2,53 $mm.d^{-1}$ e 5,02 $mm.d^{-1}$. As técnicas de sensoriamento remoto utilizadas neste estudo foram de grande utilidade para as análises em áreas de vereda, destacando com eficiência o

comportamento do balanço de energia e evapotranspiração nesse importante ambiente no Cerrado.

Palavras-chave: Savana. Recarga hídrica. Sazonalidade climática. SEBAL. Landsat 8.

ABSTRACT

The vereda, typical formation in the Cerrado biome, is recognized for its high-water recharge capacity, due the flat topography, hydromorphic soils and proximity to gallery forests / river courses. Studies in these environments are still scarce, especially those aimed at understanding the dynamics of the radiation and energy balance, related to ecological and climatic processes. The objective of the work is to analyze the energy balance behavior in vereda environments in Northern of Minas Gerais state, in a specific sample area, with advanced remote sensing techniques, applying the SEBAL algorithm (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Among the results, it was observed that the behavior of the components of the balance of radiation and energy follow the meteorological and phenological dynamics expected for this phytophysiology. In the context of the energy balance, the following average values were obtained, in the winter and summer, respectively: R_n 24 h of 98.71 Wm^{-2} and 230.95 Wm^{-2} ; G of 53.43 Wm^{-2} and 80.84 Wm^{-2} ; H of 26.93 Wm^{-2} and 88.52 Wm^{-2} ; LE of 77.78 Wm^{-2} and 142.34 Wm^{-2} ; and evapotranspiration rate of 2.53 $mm.d^{-1}$ and 5.02 $mm.d^{-1}$. The remote sensing techniques used in this study were of great useful for analyzes in veredas, efficiently highlighting the behavior of energy balance and evapotranspiration in this important environment of Cerrado.

Keywords: Savanna. Water recharge. Climatic seasonality. SEBAL. Landsat 8.

RESUMEN

El Vereda, formación típica en el bioma Cerrado, es reconocido por su alta capacidad de recarga de agua, debido a su topografía plana, suelos hidromórficos y proximidad a bosques de galería / cursos hidrográficos. Los estudios en estos entornos aún son escasos, especialmente aquellos destinados a comprender la dinámica de la radiación y el equilibrio energético, relacionados con los procesos ecológicos y climáticos. El objetivo del trabajo es analizar el comportamiento del equilibrio energético en entornos de senderos en el norte de Minas Gerais, en un área de muestra específica, con técnicas avanzadas de teledetección, aplicando el algoritmo SEBAL (Algoritmos de equilibrio de energía de superficie para tierra). En el contexto del balance energético, se obtuvieron los siguientes valores promedio para invierno y verano, respectivamente: R_n 24 h de 98.71 Wm^{-2} y 230.95 Wm^{-2} ; G de 53,43 Wm^{-2} y 80,84 Wm^{-2} ; H de 26.93 Wm^{-2} y 88.52 Wm^{-2} ; LE de 77.78 Wm^{-2} y 142.34 Wm^{-2} ; y tasa de evapotranspiración de 2.53 $mm.d^{-1}$ y 5.02 $mm.d^{-1}$. Las técnicas de detección remota utilizadas en este estudio fueron de gran utilidad para los análisis en áreas de senderos, destacando efectivamente el comportamiento del equilibrio energético y la evapotranspiración en este importante entorno en el Cerrado.

Palabras-clave: Savanna. Recarga de agua. Estacionalidad estacional. SEBAL. Landsat 8.

INTRODUÇÃO

O Cerrado, bioma originalmente presente em 22% do Brasil (12 estados da federação), é tido como a savana mais biodiversa do mundo, com elevado endemismo de espécies da flora e fauna. Com um clima estável (marcado por duas estações, seca e chuvosa), elevado potencial hídrico e topografia plana a levemente ondulada, esta região abriga hoje as principais atividades do agronegócio brasileiro. Por sua vez, sua cobertura vegetal é complexa, sendo um mosaico de fitofisionomias florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão), savânicas (cerrado denso, típico, parque de cerrado, palmeiral e vereda) e campestres (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) (NOBREGA et al., 2020; ZIMBRES et al., 2020).

Ultimamente, vários projetos têm sido desenvolvidos com intuito de monitorar os processos físicos, ecológicos e antrópicos do bioma Cerrado, especialmente quanto à sua cobertura vegetal e uso solo, desmatamentos, queimadas e aumento da demanda hídrica, por exemplo (VELOSO et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2019; FERREIRA et al., 2013). Emissão de gases de efeito estufa, variação da vazão de rios, ou aumento da carga de sedimentos (solo) também são objetos de estudos importantes. Plataformas de dados como MapBiomas, SEEG e Pastagem.org ilustram esta maior atenção e integração aos estudos no Cerrado (MapBiomas, 2020; FERREIRA et al., 2019; MALAQUIAS et al., 2017; CAMPOS et al., 2017).

Mais recentemente, passou-se a pesquisar também as variações no contexto radiativo/energético – climático (BAYMA e SANO, 2015; ANGELINI et al., 2017; ARAÚJO et al., 2019), com foco na dinâmica ambiental presente nas diferentes fitofisionomias, tais como comportamento hidrológico, fluxos de carbono, campo térmico, balanço radiativo da superfície, dentre outros parâmetros biofísicos.

Entre as fitofisionomias mencionadas, ainda são em menor número os estudos direcionados para os subsistemas de Veredas (SILVA et al., 2018; LEITE et al., 2018a; LEITE et al., 2018b), áreas tidas como de elevado valor ecossistêmico, não apenas pela rica biodiversidade e função de recarga dos lençóis freáticos, mas pelos produtos possíveis de comercialização (frutos e fibras).

O balanço de radiação e energia são exemplos desses parâmetros biofísicos, importantes para uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, ao permitirem um acompanhamento de processos como evapotranspiração, assimilação de CO₂, índice de área

foliar, produção primária (fotossíntese) e biomassa. Existem diversas metodologias para compreender esses parâmetros, tais como a razão de Bowen, vórtices turbulentos e Equação de Penman-Montheih (DA SILVA FILHO et al., 2019; ZAPATA-CAUTILLO et al., 2019; VENANCIO et al., 2019). Entretanto, essas metodologias se destinam a uma escala grande, com homogeneidade em relação à cobertura da terra, o que pode ser um fator limitante.

Neste sentido, técnicas de sensoriamento remoto estão sendo tomadas como instrumental para análises biofísicas (VELOSO et al., 2017; ROTHMUND et al., 2019), haja vista esses dados poderem abranger áreas com aspectos regionais, de importância ímpar para grandes extensões geográficas. O objetivo do trabalho é analisar o comportamento do saldo de radiação e balanço de energia em ambientes de veredas no Norte do estado de Minas Gerais, com técnicas avançadas de sensoriamento remoto, a partir da aplicação do algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land).

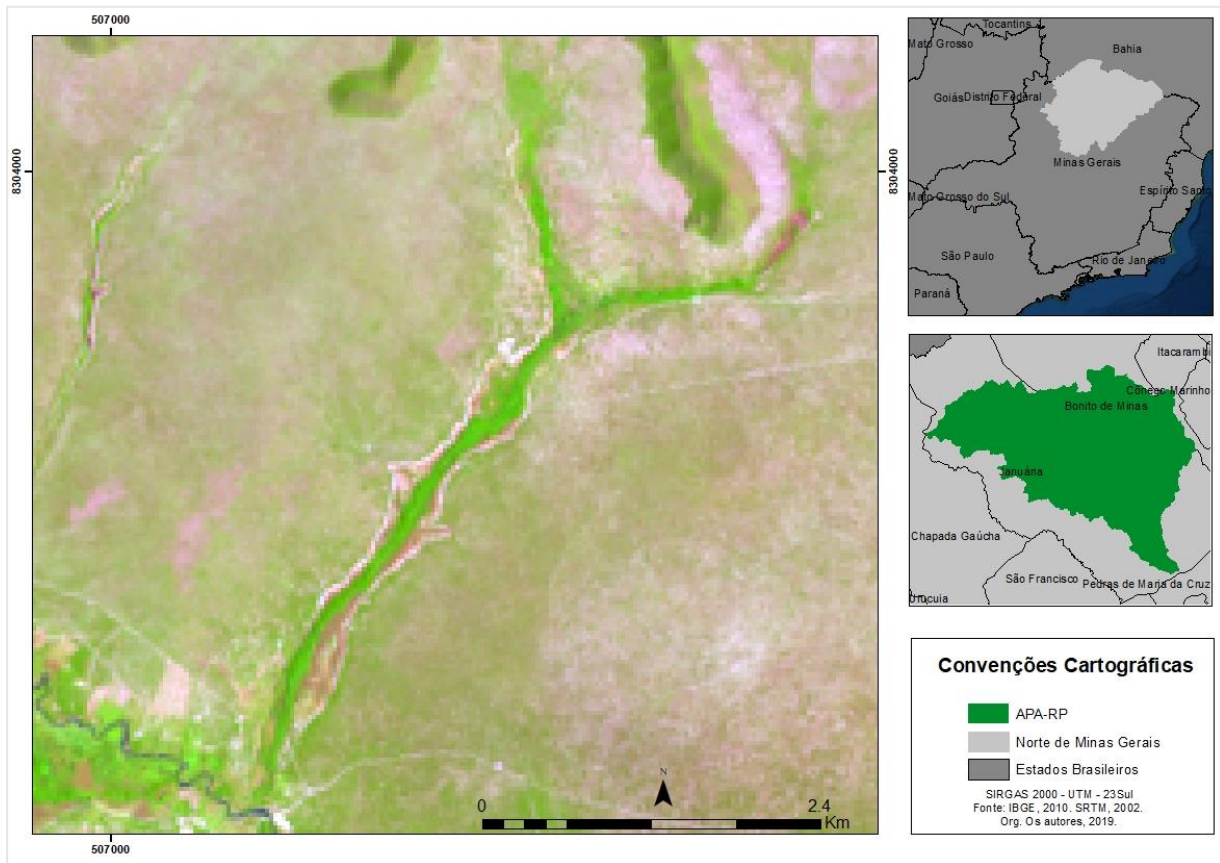
Espera-se, assim, uma contribuição para as pesquisas ecológicas e climáticas realizadas nesta região e classe de Cerrado, visando o seu monitoramento com procedimentos operacionais de baixo custo e rápida execução.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo está localizada no município de Bonito de Minas, no Norte de Minas Gerais (Figura 1), mais precisamente numa classe de vereda denominada Almescla (com 1.329,9 m²), totalmente inserida na Área de Proteção Ambiental – APA do rio Pandeiros. Essa comporta um contexto paisagístico diversificado, sujeitas a efeitos de fatores antrópicos e naturais em seu funcionamento ecossistêmico, sobretudo em se tratando de ambientes frágeis, com potencial hidrológico sensível à mudanças no contexto do uso e cobertura do solo, bem como alterações no balanço de radiação e energia em função das trocas intensas de fluxos de calor (horizontal).

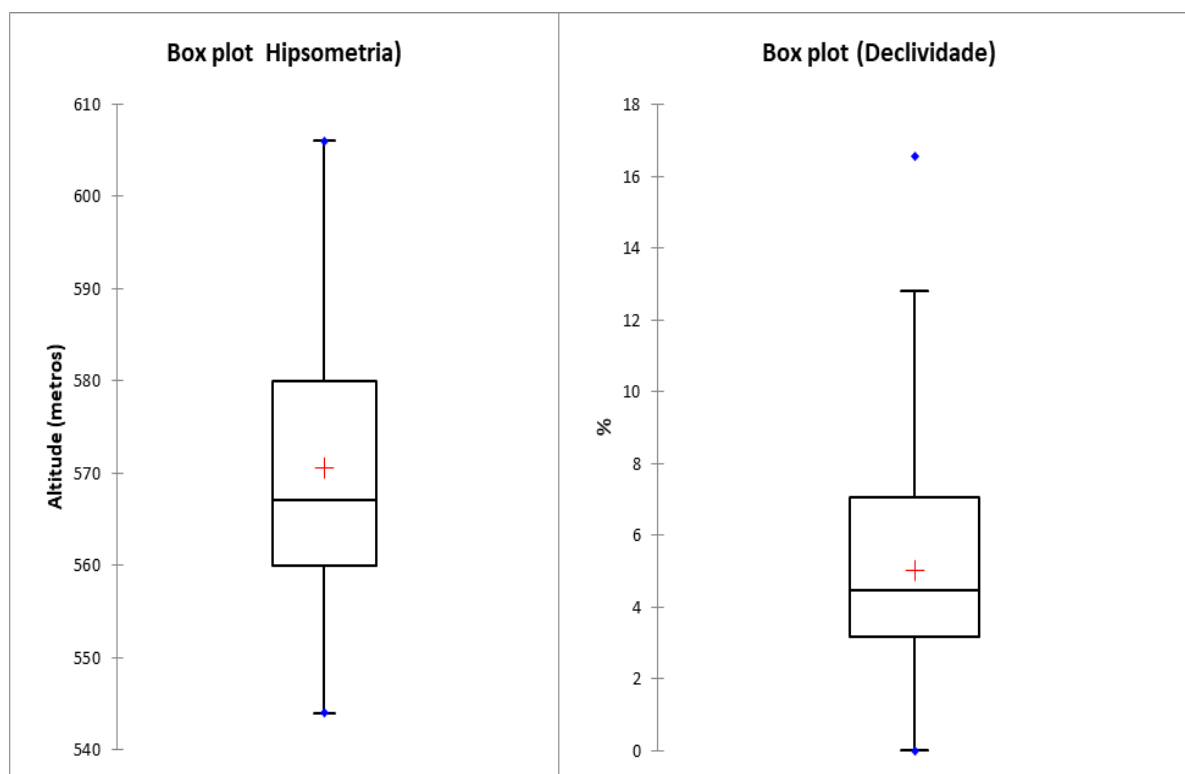
Figura 1 - Carta-Imagem com a localização da vereda Almescla, situada na APA do Rio Pandeiros, na região Norte de Minas Gerais



Fonte: IBGE, 2010. SRTM, 2002.

De acordo com os dados de RADAR da plataforma orbital ALOS PALSAR, referente ao ano de 2016, esta vereda possui altitude mínima de 544 metros, máxima com 606 metros e média de 570,6 metros, com desvio padrão de 14,63 metros. Trata-se de uma área relativamente plana, visto que a amplitude hipsométrica é de apenas 62 metros. Na Figura 2 estão dispostos os dados em forma gráfica e tabulada para descrição estatística do contexto topográfico e de declividade para a vereda.

Figura 2 - Descrição topográfica e de declividade

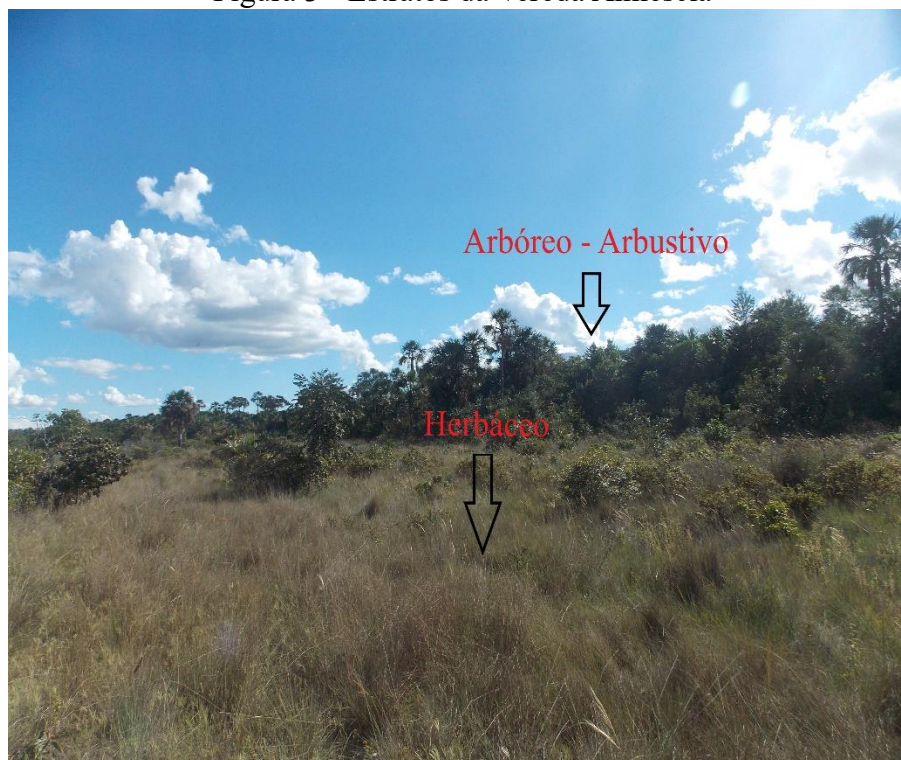


Fonte: ALOS/PALSAR (obtido em 2016).

No contexto geológico, a vereda está inserida no Grupo Areado (CODEMIG, 2015), disposta em Latossolo Vermelho-Amarelo. O clima da área pode ser apontado como Tropical subúmido-úmido, tendo proximidade ao subúmido-seco (LEITE et al., 2018).

No que tange à fitofisionomia de vereda, conforme Ribeiro e Walter (1998), são comunidades hidrófilas formadas por dois estratos, sendo esses o herbáceo-graminoso e o arbóreo-arbustivo (com predomínio de palmeira arbórea ou buriti – *Mauritia flexuosa*). Neste ambiente existem determinados locais em que o afloramento do lençol é frequente e intenso, condição para a formação de lagoas entre os buritizais (BASTOS e FERREIRA, 2010). Essa configuração físico-vegetacional está exposta na Figura 3.

Figura 3 - Estratos da Vereda Almescla



Fonte: Trabalho de campo realizado em julho de 2019.

Durante o trabalho de campo, realizado nos dias 15 e 16 de julho de 2019, observou-se que os estratos arbóreo e arbustivo são indissociáveis, não sendo possível discriminar os aspectos vegetacionais. Ainda nesse período de campo, observou-se que a vereda possui avanços antropogênicos, sobretudo de áreas de pastagens, mescladas com solo exposto. Para reforçar tal aspecto, na Figura 1 fica explícito as manchas de pastagem, evidenciadas pelas faixas esbranquiçadas e rosadas nas áreas limítrofes à vereda. Com predominância a oeste e sudoeste, e a nordeste, fica nítido a entrada de estradas (com aspecto retilíneo e esbranquiçado).

Procedimentos Técnicos e Operacionais

Para execução deste trabalho, foi necessário o uso de produtos orbitais oriundos do satélite Landsat 8 (sensores: OLI e TIRS), correspondendo aos seguintes dias sequenciais e anos: 194/2018 e 21/2019, disponibilizados gratuitamente pelo Serviço Geológico e pela Agência Aeroespacial dos EUA (USGS/NASA). Esses produtos foram utilizados com intuito de obter os parâmetros biofísicos analisados. Salienta-se também o uso das imagens de

RADAR da plataforma orbital Alos 2, sensor Palsar, disponibilizadas pelo Alaska Satellite Facility (portal mantido pela NASA).

No tocante aos produtos do sensor OLI, foram utilizadas as bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (resolução espacial de 30 metros e radiométrica de 16 bits), com os respectivos intervalos espectrais: 450-510 nm (Blue), 530-590 nm (Green), 640-690 nm (Red), 850-880 nm (NIR), 1570-1650 nm (SWIR I), 2110-2290 nm (SWIR II). No TIRS (banda termal) foi utilizada a banda 10 (resolução espacial de 120 metros, sendo reamostrada para 30 metros, e resolução radiométrica de 16 bits), com intervalo espectral de 10600-11190 nm.

O modelo digital de elevação (MDE), provido pelos dados do ALOS, possui resolução espacial de 12,5 metros. O uso deste produto foi necessário para obter determinada variação nos índices topográficos na área da vereda, com extensão relativamente pequena.

Além dos produtos orbitais, nesse estudo dispôs-se de dados meteorológicos da estação de Januária - MG, que se encontra sob responsabilidade técnica do Instituto de Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados os dados na escala horária, com intuito de adentrar em alguns comandos do algoritmo SEBAL. Nesse caso, foram necessárias as seguintes informações: radiação solar global, velocidade do vento e temperatura do ar. Para a obtenção dos componentes do balanço de radiação e energia, e evapotranspiração, foi utilizado o software ERDAS Imagine (versão 14), dispondo de seu modelador matemático, haja vista ser possível inserir as equações do algoritmo SEBAL.

As imagens fornecidas não possuem valores físicos, estando em níveis digitais (ND). Assim, foi necessário a conversão de ND para valores físicos, neste caso, a radiância. Para o Landsat 8 são utilizados os fatores Gain (multiplicativos) e Offset (aditivos) – que são parâmetros para o cálculo de reescalonamento – para conversão de ND para radiância. Salienta-se que os ND são posteriormente convertidos em reflectância, possuindo também os fatores Gain e Offset. Na sequência, com os valores de reflectância são obtidos os índices de vegetação (NDVI – índice de vegetação da diferença normalizada, SAVI – índice de vegetação ajustado ao solo, e IAF – índice de área foliar), albedo de superfície, emissividade termal e de onda longa. A emissividade termal é utilizada para gerar a temperatura de superfície, assim como a radiância da banda 10; já a emissividade de onda longa é um parâmetro de entrada para gerar a radiação de onda longa emitida pela superfície.

Após a obtenção dos parâmetros supracitados, obteve-se o saldo de radiação (R_n), o qual representa a energia disponível para os processos biofísicos na interface superfície-atmosfera (Biudes et al., 2014). O R_n foi mensurado a partir da equação 1:

$$R_n = R_{s\downarrow} - \alpha R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \epsilon) R_{L\downarrow} \quad (1)$$

Em que $R_{s\downarrow}$ é a radiação solar global (obtida na estação automática de Januária/MG), α é o albedo de superfície, $R_{L\downarrow}$ e $R_{L\uparrow}$ são radiação de onda longa incidente e emitida, respectivamente (obtidas conforme Allen et al., (2002)), ϵ é a emissividade de onda longa. Após obter o R_n , calculou-se o fluxo de calor no solo (G) de acordo com a equação 2:

$$G/R_n = [(T_s/a)(0,0038a + 0,0074a^2)(1 - 0,98 \text{ [NDVI]}^4)] \quad (2)$$

Onde T_s é a temperatura de superfície e NDVI é o índice de vegetação pela diferença normalizada. O fluxo de calor no solo representa a parte da energia responsável para o aquecimento vertical do solo.

Em sequência, o fluxo de calor sensível (H) foi obtido através da equação 3:

$$H = p \cdot C_p \cdot dT / R_{ah} \quad (3)$$

Onde p é a umidade específica do ar ($1,15 \text{ Kg.m}^{-3}$), c_p é o calor específico do ar, dT é a diferença de temperatura entre a superfície e o ar, e R_{ah} a resistência aerodinâmica do ar ao transporte de calor. O processo para obter o fluxo de calor sensível, bem como as correções de estabilidade atmosférica com o comprimento de Monin Ubukov, dependendo de iterações (repetição de cálculos).

Da posse dos dados de R_n , G e H , foi necessário mensurar o fluxo de calor latente (LE), conforme equação 4:

$$LE = R_n - G - H \quad (4)$$

O LE representa a energia disponível para conversão de água no estado líquido para vapor d'água. Com esses parâmetros, é obtida a fração evaporativa – FE (equação 5), que representa a evapotranspiração diurna:

$$FE = LE/(Rn-G) \quad (5)$$

Por fim, foi mesurada a evapotranspiração real diária através da extrapolação dos valores da fração diurna (FE) (equação 6):

$$ETR = 86400 (FE.Rn24h)/n \quad (6)$$

Onde Rn 24h representa o saldo de radiação diário e n é o calor latente de vaporização.

Como foi utilizado um índice topográfico, nesse caso o índice de umidade topográfica (TWI), faz-se necessário apresentação de seu cálculo através da equação 7.

$$TWI = IN \cdot \alpha / \tan \beta \quad (7)$$

Onde IN é o logaritmo neperiano, α é a área de contribuição do terreno, e β é a declividade da região. Adotou-se também o método de Análise por Componentes Principais (ACP), a fim de interrelacionar as variáveis observadas no ambiente de vereda.

RESULTADO E DISCUSSÃO

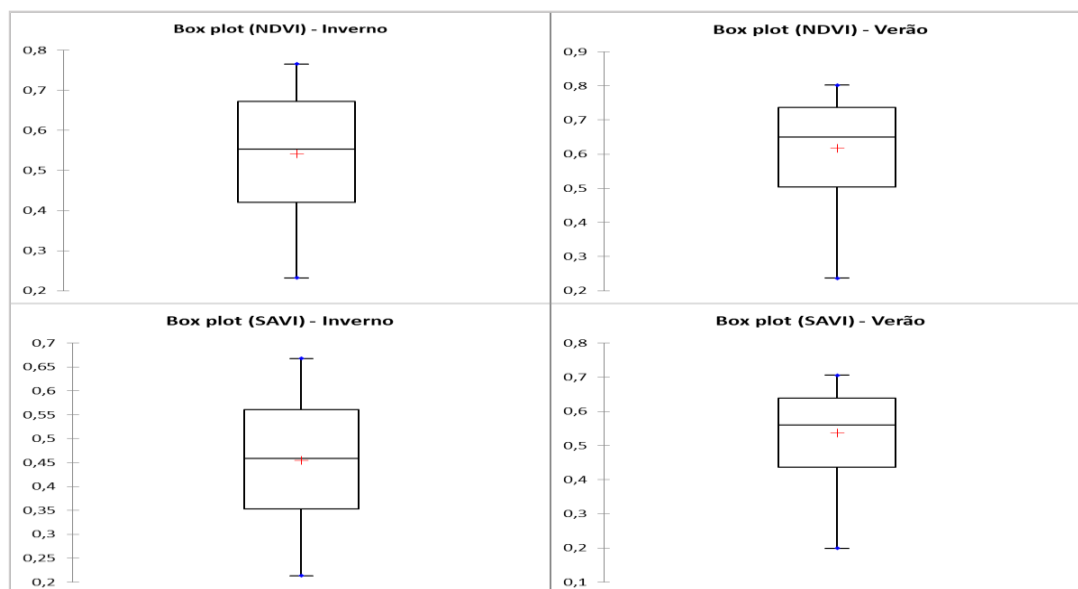
Índices de Vegetação

A Figura 5 apresenta os índices de vegetação (NDVI e SAVI) obtidos para ambas estações climáticas na área de estudo (i.e., inverno seco e o verão chuvoso). Observa-se que os valores de NDVI no inverno estão concentrados no intervalo de 0,42 a 0,67 (intervalo válido de 0 a 1, onde 1 indica máxima atividade fotossintética, e zero a ausência de vegetação). No verão estes valores são relativamente maiores, com um intervalo de 0,50 a 0,74.

Essa variação está associada à sazonalidade climática, haja vista que no período do verão tem-se maior disponibilidade de água, bem como maior montante energético (i.e., maior fluxo de radiação, em condição de periélio); tal fato fomenta o pleno desenvolvimento da vegetação, sobretudo no que tange à radiação fotossintética, ao utilizar maior porção de radiação para realizar os processos bioquímicos, em comparação ao inverno, quando tem-se de fato uma restrição hídrica e menor disponibilidade energética (condição de afélio e maior inclinação do Sol para o hemisfério sul).

Quanto ao SAVI, este também indica resposta semelhante da vegetação para as estações climáticas, se comparado ao NDVI, porém com valores ajustados para o efeito de reflectância do solo exposto, ou seja, os valores de SAVI tendem a ser menores, visto que corrigem o efeito do solo nos valores normalizados no índice; neste caso, conforme Figura 4 o intervalo na seca foi de 0,35 a 0,56, e no período chuvoso de 0,43 a 0,64.

Figura 4 - NDVI e SAVI para a vereda Almescla, no inverno e no verão



Fonte: Modelo SEBAL.

Para áreas de Cerrado, especificamente nos municípios de Jataí - GO, Luís Eduardo Magalhães - BA, Mateiros - TO e São Miguel do Araguaia - GO, foram encontrados valores de NDVI de 0,64 em área florestal (no município de Luís Eduardo Magalhães e Jataí), 0,46 em áreas savânicas (para Jataí e São Miguel do Araguaia) e 0,39 (para o município de Luís Eduardo Magalhães e Mateiros), e de 0,26 para formações campestres (para Mateiros)

(BAYMA et al., 2015). Valores de NDVI entre -0,04 e 0,03 foram estimados para vegetação decídua menos densa, 0,03 e 0,14 em vegetação decídua mais densa, 0,14 a 0,29 em vegetação semidecídua e 0,29 a 0,69 em vegetação perenifólia, no estado do Rio Grande do Norte (BARBOSA et al., 2017).

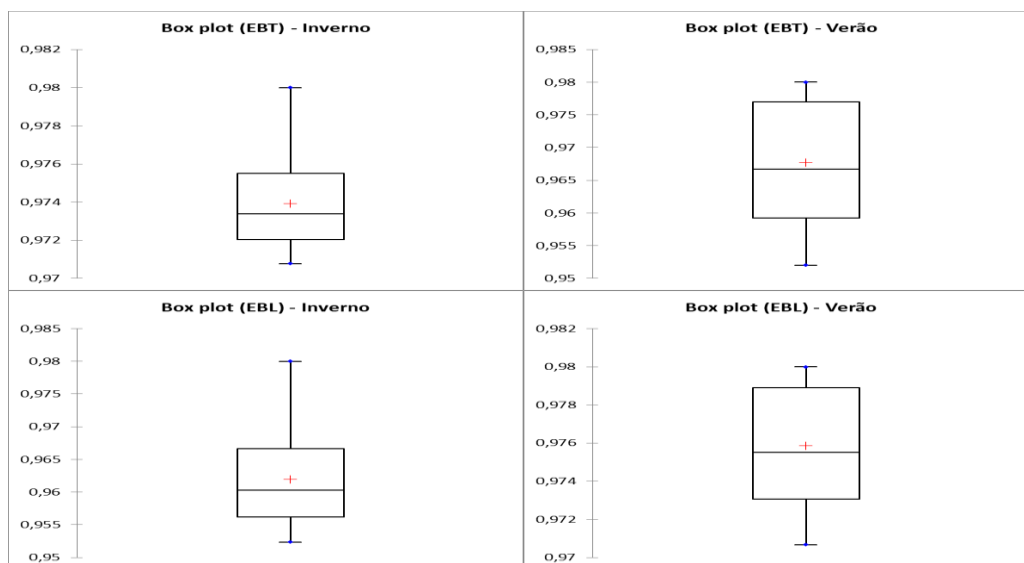
É possível observar uma tendência no comportamento entre o NDVI e SAVI, o que de fato era esperado, haja vista que são índices advindos de uma mesma matriz, isto é, das bandas do vermelho (visível) e infravermelho próximo, correspondendo, respectivamente, à absorção da radiação pela clorofila, e no espalhamento desta em função da estrutura intracelular da folha, conforme pontuado por Ponzoni (2009). A diferença é que o SAVI utiliza um coeficiente que tende a amenizar o efeito do solo na reflexão de radiação, decrescendo sobremaneira em relação ao NDVI.

Do ponto de vista do sensoriamento remoto, a banda do vermelho, durante o verão, tende a absorver mais radiação em relação ao inverno, haja vista que nesse último período a vegetação está relativamente mais seca, refletindo mais nesse canal espectral, e afetando o cálculo dos índices NDVI e SAVI. No entanto, é preciso chamar atenção para o ambiente de análise, no caso a vereda, pois é um sistema savânico que possui boa disponibilidade hídrica, o que tende a inferir sistematicamente no comportamento dos índices espectrais. Esse argumento pode ser reforçado ao analisar os valores médios em ambos os períodos analisados para o NDVI e SAVI. Tais valores são relativamente elevados ao compará-los com os sistemas vegetacionais citados nos demais estudos.

Emissividades e Albedo de Superfície

Outros índices oriundos de dados espectrais são as emissividades termal e de banda longa. A emissividade termal corresponde à radiação térmica emitida por um dado corpo/objeto, e expressa o comportamento em específico para a banda termal do sensor utilizado nesta análise (TIRS, a bordo do Landsat 8), na faixa espectral de 10,60 – 11,19 μm . Já a emissividade de banda longa expressa a radiação emitida da superfície para o meio, dentro de toda faixa de onda longa da Terra, entre 4 e 100 μm (GOMES et al., 2009). Na Figura 5 são apresentadas as descrições estatísticas para as emissividades termal e de banda longa.

Figura 5 - Emissividades Termal e de Banda Longa na área de vereda (inverno e verão)

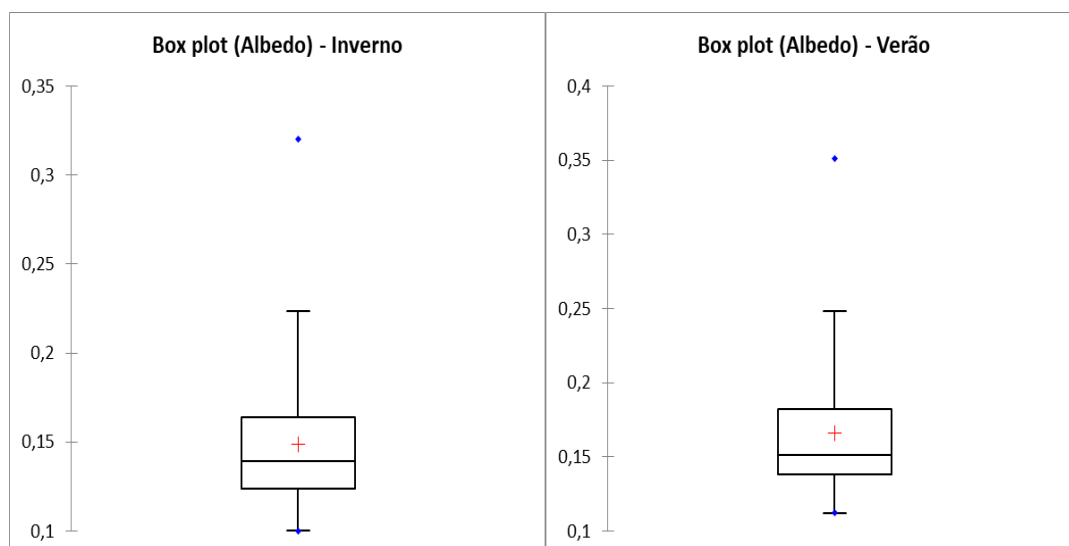


Fonte: Modelo SEBAL.

No inverno, a emissividade da banda termal (EBT) esteve concentrada entre 0,972 e 0,975, apresentando pouca variação; em contrapartida, foi ligeiramente maior no verão, com valores concentrados entre 0,959 e 0,977. A emissividade de banda longa (EBL) no inverno esteve concentrada entre 0,956 e 0,966, enquanto no verão os valores estiveram entre 0,973 e 0,979, indicando maior variação no inverno. A emissividade em ambiente de vereda apresentou um comportamento semelhante a um corpo negro. A vereda é um bom absorvedor de radiação (devido à presença de água na superfície) e, conseqüentemente, excelente emissor radiativo. Analisando-se as características físicas da vereda, a água nesse sistema é um influenciador desse comportamento, ao absorver grande parte da radiação incidente sobre ela.

No período de inverno, os sedimentos na vereda (matéria orgânica/solo exposto), por estarem mais secos, tendem ao decréscimo na emissão de radiação térmica e acréscimo no tocante ao coeficiente de reflexão. Ao mencionar o coeficiente de reflexão – albedo – faz-se necessário entender sua dinâmica do ponto de vista da sazonalidade climática, fatores astronômicos e características da superfície. No tocante ao albedo, o ambiente de vereda tende a possuir um comportamento de decréscimos nos valores, sobretudo em função da água presente nesse sistema. Na Figura 6 estão dispostos os gráficos para o albedo de superfície.

Figura 6 - Albedo de Superfície na área da vereda (Inverno e Verão)



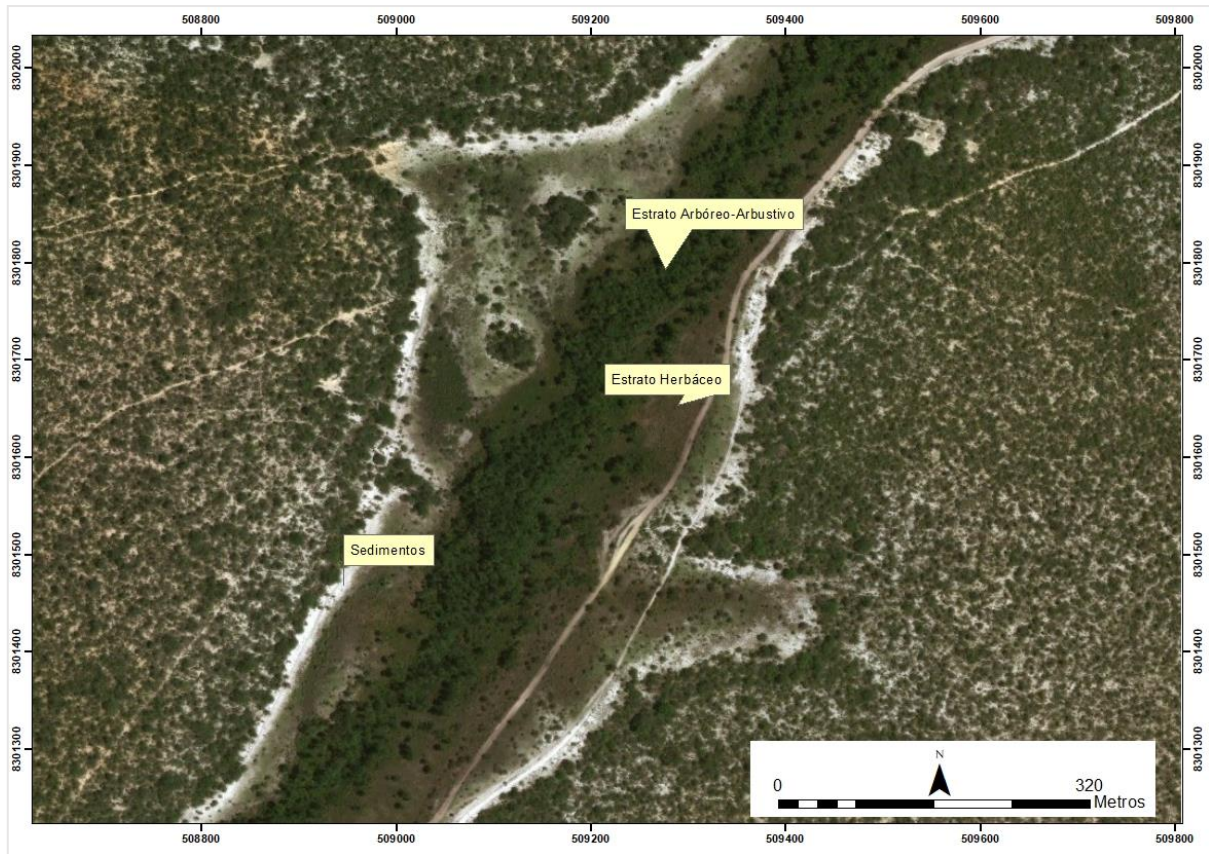
Fonte: Modelo SEBAL.

A distribuição dos valores de albedo para o inverno apresenta uma concentração entre 0,12 e 0,16, enquanto no verão a concentração ficou entre 0,14 e 0,18. Em estudo comparativo na região Amazônica, observou-se valores médios de albedo de 0,14 a 0,16 em áreas de agricultura (FARIA et al., 2018), e de 0,16 a 0,18 para áreas de pastagem (QUERINO et al., 2006). Em Ilha Solteira - SP foram encontrados valores entre 0 e 0,27 (GOMES et al., 2017). Já no semiárido brasileiro foram observados valores de 0,133, 0,169 e 0,196 para áreas de pivôs nos dias 175, 255 e 287 do ano de 2013, respectivamente (SILVA et al., 2016).

Analisando-se a distribuição dos valores de albedo nos gráficos da Figura 7, observa-se valores máximos extremos em relação à média e ao conjunto dos dados; essa discrepância tende a estar associada aos sedimentos na vereda, que possuem elevada capacidade de reflexão de radiação, devido à sua cor esbranquiçada e suas características físicas. Na Figura 8 é possível observar os sedimentos mencionados.

Ainda na Figura 7, nota-se um fragmento da vereda analisada, representando o estrato herbáceo e arbóreo-arbustivo, além dos sedimentos expostos numa faixa considerável, certamente influenciando no comportamento do albedo associado a estes elementos.

Figura 7 - Representação de estratos de Cerrado e de solo exposto na área da vereda

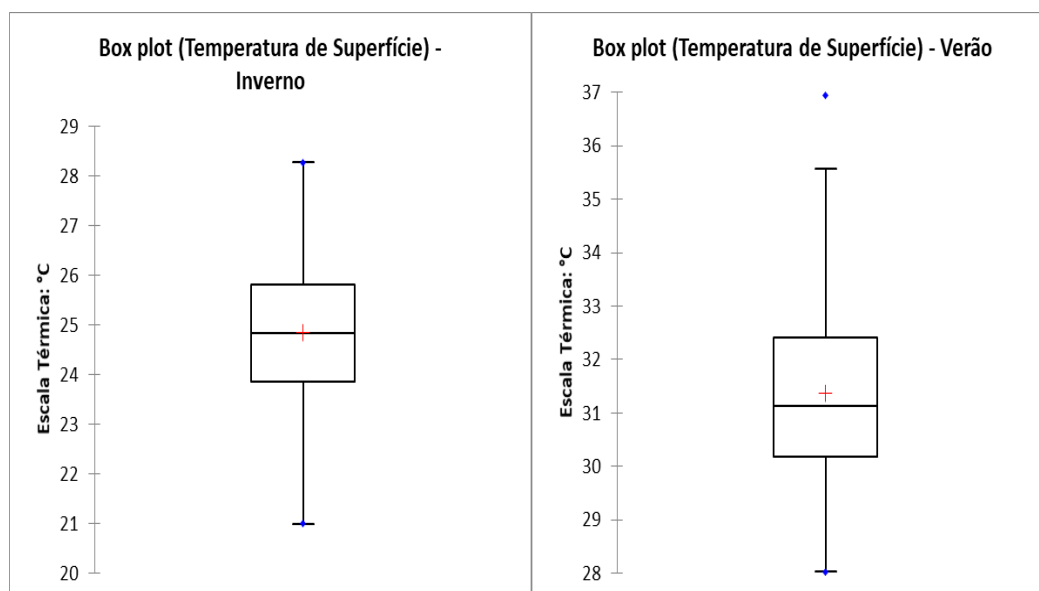


Fonte: WorldViewII, 2014.

Temperatura de Superfície

A Temperatura de Superfície (T_s) no inverno apresentou valores menores em relação ao verão, concentrando-se entre 23,86 e 25,81 °C, e entre 30,19 e 32,41 °C no verão, respectivamente (Figura 8). Tal resultado está associado ao ângulo de elevação do Sol, haja vista que no verão o astro está praticamente perpendicular à superfície, diminuindo o tempo óptico (i.e., o tempo de deslocamento da REM), aumentando a intensidade da radiação incidida e elevando a temperatura da superfície. No inverno, quando o ângulo de elevação é menor, com maior inclinação do astro, o tempo óptico é maior, diminuindo a intensidade da radiação solar na superfície.

Figura 8 - Temperatura de Superfície na área da vereda (Inverno e Verão)



Fonte: Modelo SEBAL.

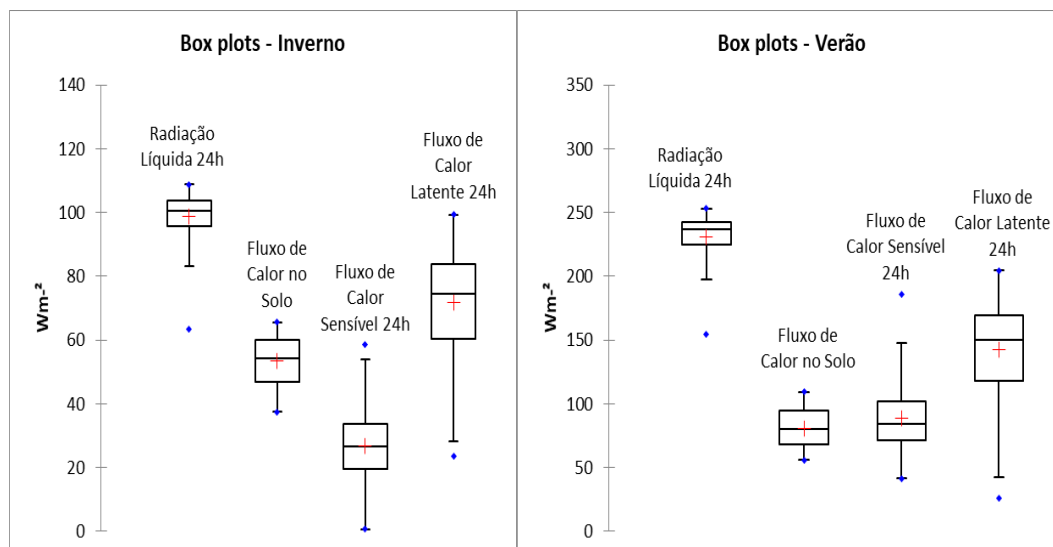
Em áreas de floresta nativa, os seguintes valores foram estimados para temperatura: 22,63 °C, 23,90 °C e 26,79 °C, nos dias sequenciais/ano 331/2015, 94/2016 e 206/2016, respectivamente (BORELLA et al., 2017). No município de Belém - PA foram encontrados valores na ordem de 20 a 35,5 °C (BEZERRA et al., 2018). Para vegetação herbácea, foram encontrados valores na ordem de 30 °C, 26,1 °C, 26,1 °C nos anos de 1991, 2006 e 2010, respectivamente, e para vegetação arbórea-arbustiva na ordem de 27,4 °C, 24,7 °C e 23,2 °C, em 1991, 2006 e 2010, respectivamente (SOUSA et al., 2016).

Observa-se que no verão, o valor máximo (outline) foi estimado em 36,95 °C, sendo essa discrepância relacionada aos sedimentos expostos que tenderam a aquecer rapidamente e apresentar valores demasiadamente altos de T_s .

Balanço de Energia, Evapotranspiração e TWI

Na Figura 9 estão representados os dados de radiação líquida por 24 h (R_n 24h), fluxo de calor no solo (G), calor sensível por 24 h (H) e calor latente por 24 h (Le) obtidos na área da vereda, durante o inverno e o verão.

Figura 9 - Rn 24h, G, H 24h e LE 24h (Inverno e Verão)



Fonte: Modelo SEBAL.

No verão, a concentração dos valores de Rn 24h se deu entre 294,41 e 242,54 Wm⁻², enquanto no inverno a concentração esteve entre 95,57 e 103,81 Wm⁻². Observa-se que no verão os valores de radiação líquida estimada são mais elevados em relação ao inverno, associado à radiação solar global, sendo que, de acordo com os dados analisados na estação meteorológica de Januária - MG, no dia sequencial 194/2018 foi observado 2002 KJ/m², e no verão na ordem de 2941 KJ/m², restando assim mais energia disponível para os processos biofísicos. Desbastiani et al. (2018), utilizando imagens do satélite Landsat 8, encontraram valores mínimos e máximos de saldo de radiação médio diário de 142,93Wm⁻² e 197,96Wm⁻² para áreas de reflorestamento; mínimo/máximo de 144,06Wm⁻² e 204,20Wm⁻² para Floresta Nativa no Parque Nacional de São Joaquim - SC. Gusmão et al. (2012), na Ilha do Bananal - TO, encontraram valores de saldo radiativo médio diário em 139,5 Wm⁻², 137,5 Wm⁻², 151,5Wm⁻² e 143,8Wm⁻², nos dias 03/06/2005, 21/07/2005, 06/08/2005 e 22/08/2005, respectivamente.

No que toca ao fluxo de calor no solo, no inverno, a maior concentração dos valores foi entre 46,88 e 60,09 Wm⁻², e no verão entre 68,01 e 94,34 Wm⁻². Seguindo a dinâmica meteorológica, no verão os valores de G são mais elevados em relação aos de inverno, sobretudo devido à taxa de radiação incidente em ambos os períodos. A presença de água na vereda tende a fomentar o acréscimo deste fluxo, haja vista que a água possui maior

capacidade reter fluxo energético, devido seu elevado calor específico, necessitando assim de mais energia para elevar seu campo térmico.

Para ambientes de cultivos de soja no Sul do Brasil, foram estimados valores de G de 77Wm^{-2} a 62Wm^{-2} de janeiro a abril de 2009, e de 85Wm^{-2} a 96Wm^{-2} nos meses de janeiro e fevereiro de 2010 (MONTEIRO et al., 2014). Esses valores se aproximam com os dados encontrados nesse estudo, sobretudo para o inverno. Em áreas de soja no estado da Bahia, para os dias 6 de janeiro e 7 de fevereiro de 2011, foram estimados valores de fluxo de calor no solo na ordem de $30,5\text{Wm}^{-2}$ e $32,2\text{Wm}^{-2}$ (BEZERRA et al., 2014).

Considerando o balanço de energia em condições de mudanças no uso da terra na região Sul de Mato Grosso, observou-se grande variabilidade do fluxo de calor no solo em diferentes usos, sobretudo na estação chuvosa (ANGELINI et al., 2017). Para áreas de vegetação secundária e degradada, foram estimados valores na ordem de $126,6\text{Wm}^{-2}$ e $132,6\text{Wm}^{-2}$, respectivamente, bem como de $124,9\text{Wm}^{-2}$ em áreas de caatinga arbórea (LOPES et al., 2014).

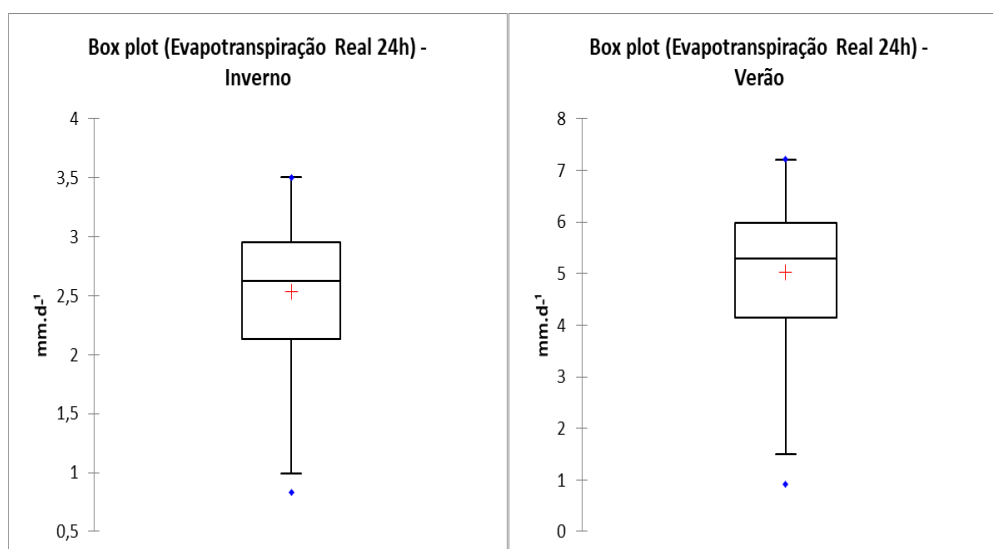
Em relação ao fluxo de calor sensível 24h na área de vereda, no período de inverno, os valores concentraram-se entre $19,45$ e $33,66\text{Wm}^{-2}$, e entre $71,10$ e $101,96\text{Wm}^{-2}$ no verão. Ao compará-los com a literatura, os valores de H para áreas de veredas são inferiores ao de outras classes de vegetação nativa no Cerrado, estimados em $267,8\text{Wm}^{-2}$ (SANTOS e SILVA 2010). Em perímetro irrigado no município de Canindé de São Francisco - SE, estimou-se valores mínimos, médios e máximos na ordem de $66,29\text{Wm}^{-2}$, $140,67\text{Wm}^{-2}$ e 423Wm^{-2} , respectivamente, para o ano de 2006; já em 2005, encontraram valores entre -121Wm^{-2} e $409,92\text{Wm}^{-2}$ (SOUSA et al., 2014). Essas diferenças em relação aos ambientes de vereda e outras classes de cobertura da terra estão relacionadas à presença de água no local, haja vista que maior parte da energia nesse sistema tenderá a ser utilizada para transformar essa água em vapor de água, ocasionando decréscimo no aquecimento do ar (H). No verão, os valores de H são mais elevados, sobretudo devido ao incremento de radiação solar global nesse período.

O fluxo de calor latente 24h na área de estudo, no inverno, apresentou-se concentrado entre $60,44$ e $83,67\text{Wm}^{-2}$, e entre $117,83\text{Wm}^{-2}$ e $169,54\text{Wm}^{-2}$ no verão. Observa-se que o LE é mais elevado no verão, associado ao R_n 24h que foi maior nesse período, bem como na radiação solar global. Entretanto, é possível apontar que tanto no inverno quanto no verão, o LE foi elevado, devido a presença de água no ambiente; para

reforçar isso, menciona-se que 61,67% da energia líquida foi utilizada para a transformar água em vapor no verão e 72,72% no inverno. Dessa forma, a densidade do fluxo de calor latente de fato tende a ser elevada no período com maior incremento de radiação solar global (consequentemente R_n 24 h), entretanto a partição LE/R_n 24 h se mantém devido às características do ambiente (presença de água).

A evapotranspiração real 24 h (ET 24 h) na área de vereda apresentou valores simétricos ao comportamento do LE, tendo como valores mínimo, máximo e médio no inverno 0,83 mm.d-1, 3,5 mm.d-1 e 2,53 mm.d-1, respectivamente, como visto na Figura 10.

Figura 10 - Evapotranspiração Real 24 h na área de estudo (Inverno e Verão)



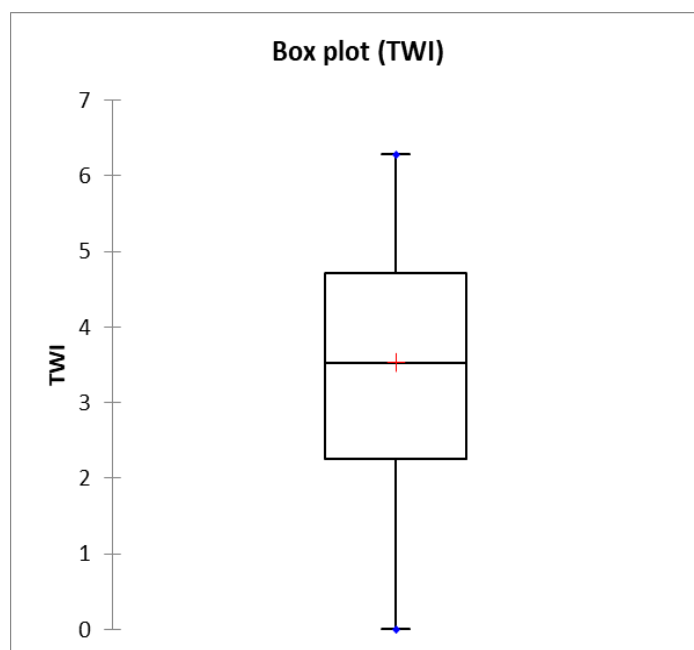
Fonte: Modelo SEBAL.

Os valores de evapotranspiração para o inverno apresentaram concentração entre 2,17 mm.d-1 e 2,95 mm.d-1; já para o verão, os valores ficaram centrados entre 4,15 mm-1 e 5,98 mm.d-1. A disponibilidade de água é fundamental no comportamento da evapotranspiração, tanto no que diz respeito à água no ambiente de vereda, quanto o input pluviométrico vertical, haja vista que no verão é o período chuvoso para a área de análise. Assim, a vegetação no ambiente de vereda, dispondo de água e radiação solar incidente em demasia, tende a manter uma troca intensa de massa para com as camadas mais próximas da troposfera.

No município de Salto de Lontra - PR, através de análise com o modelo SEBAL e produtos orbitais do Landsat 8, foram estimados valores de ET 24 h variando entre 0 mm.d-1

e 10,86 mm.d-1, em 5 períodos analisados, sendo dia/ano 336/2013, 19/2014, 35/2014, 131/2014, 195/2014 (SILVA et al., 2018). A partir de dados do sensor MODIS, estimou-se valores médios na ordem de 2,90 mm.d-1, 2,97 mm.d-1, 2,99 mm.d-1, 2,82 mm.d-1 para os dias 14/07, 13/08, 16/09, 16/10 de 2007, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2014). Martins e Rosa (2019), em análise com produtos MODIS e algoritmo SEBAL na bacia do rio Paranaíba, encontraram valores médios para floresta e cerrado de 5,15 mm.d-1 e 3,39 mm.d-1, respectivamente. Profeta et al. (2018) dotaram-se de dois modelos, um considerando as influências do relevo e outro sem correções. No modelo sem correção do relevo, observa-se valores na ordem de 6,45 mm.d-1 para Floresta/Silvicultura, e 4,29 mm.d-1 para vegetação herbácea. Para o modelo considerando as correções do relevo, foram encontrados 6,02 mm.d-1 para Floresta/Silvicultura e 4,02 mm.d-1 para vegetação herbácea. Quanto ao TWI, este índice está representado na Figura 12.

Figura 11 - TWI para a vereda Almescla (dado anual, referente aos dados ALOS Palsar de 2016)



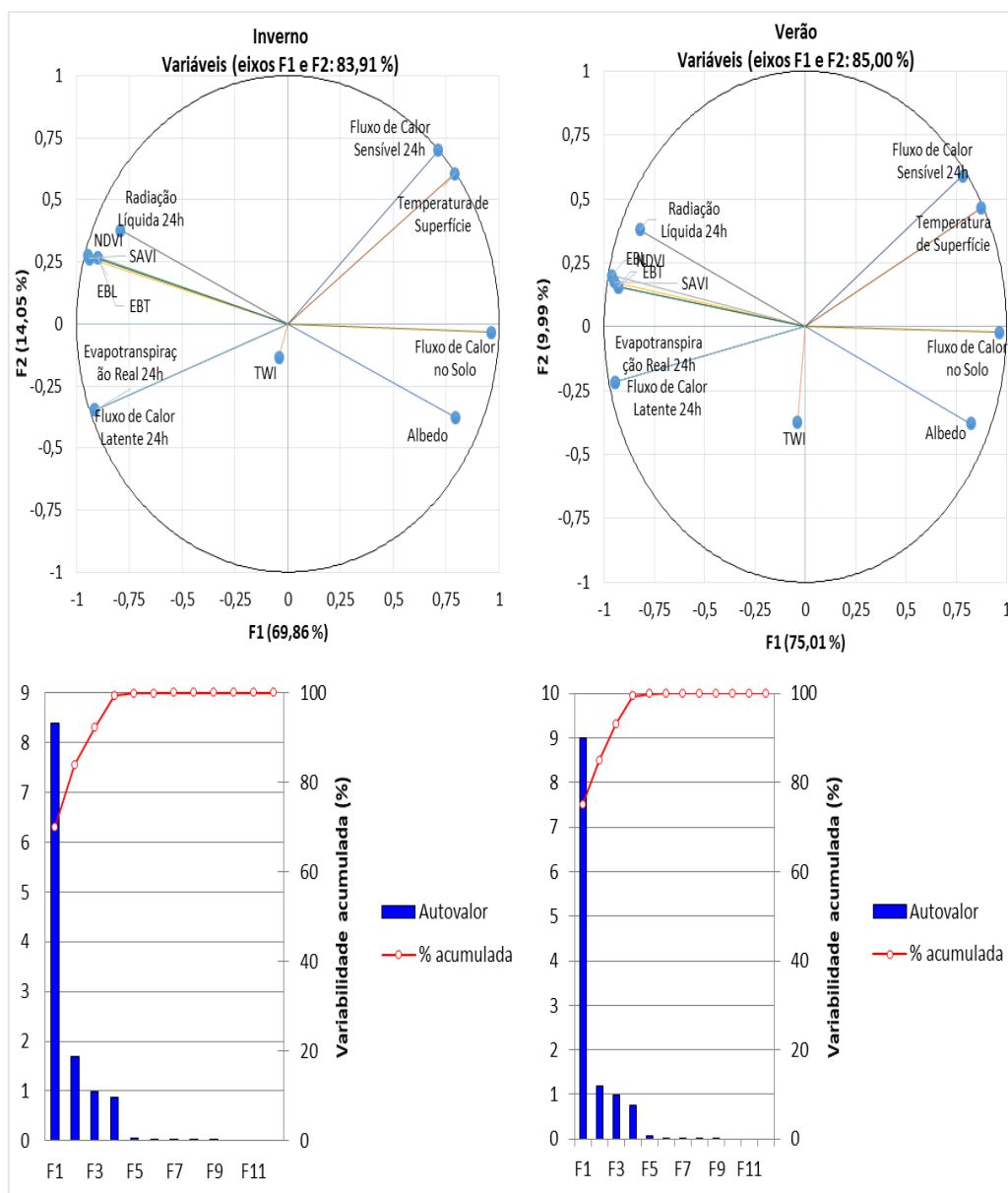
Fonte: ALOS/PALSAR.

O primeiro quartil foi mensurado em 2,26 mm.d-1, e mediana de 3,52 mm.d-1, com terceiro quartil em 4,71 mm.d-1, e desvio padrão de 1,73 mm.d-1. O valor mínimo foi mensurado em 0,0 mm.d-1, máximo em 6,28 mm.d-1, e médio em 3,53 mm.d-1.

Análise por Componentes Principais (ACP)

Neste momento da análise, é essencial compreender as interações entre os elementos escolhidos para a discussão, analisando-se em conjunto o balanço de energia da vereda e o seu TWI, haja vista que o segundo mostrou-se coerente do ponto de vista de interações com os elementos do algoritmo SEBAL, conforme observado na Figura 12 e na Tabela 1 (dados da ACP).

Figura 12 - Representação da ACP e contribuição das variáveis na área de estudo (Inverno e Verão)



Fonte: Os autores, 2020.

Tabela 1 - Contribuição das Variáveis (inverno e verão, respectivamente)

Variáveis	F1	F2	F3	F1	F2	F3
NDVI	-0,32	0,18	0,04	-0,95	0,28	0,03
SAVI	-0,32	0,16	0,02	-0,94	0,26	0,04
Albedo	0,27	-0,35	-0,17	0,79	-0,38	0,06
EBT	-0,31	0,14	0,01	-0,90	0,27	0,08
EBL	-0,31	0,14	0,01	-0,90	0,27	0,08
Temperatura de Superfície	0,29	0,42	0,15	0,79	0,60	0,05
Radiação Líquida 24h	-0,27	0,35	0,17	-0,79	0,38	-0,06
Fluxo de Calor no Solo	0,32	-0,02	0,02	0,96	-0,03	-0,05
Fluxo de Calor Sensível 24h	0,26	0,54	0,19	0,71	0,70	0,05
Fluxo de Calor Latente 24h	-0,32	-0,20	-0,05	-0,91	-0,35	-0,07
Evapotranspiração Real 24h	-0,32	-0,20	-0,05	-0,91	-0,35	-0,07
TWI	-0,01	-0,34	0,93	-0,04	-0,13	0,98
Autovalor	9,00	1,20	0,98	8,38	1,69	0,99
Variabilidade (%)	75,01	9,99	8,13	69,86	14,05	8,29
% acumulada	75,01	85,00	93,13	69,86	83,91	92,20

Fonte: dados gerados pelo algoritmo SEBAL e Alos Palsar.

Quanto às variáveis que melhor corresponderam à ACP, destacaram-se a temperatura de superfície (F1), fluxo de calor sensível (F2) e TWI (F3), tanto no verão, quanto no inverno. Tratando-se das correlações, o NDVI, SAVI, EBT e EBL possuem relação simétrica com a radiação líquida 24 h, em ambos períodos (inverno e verão). No caso dos índices de vegetação, isso é relacionado ao uso de energia pela vegetação, bem como pela disponibilidade hídrica, sobretudo para os processos biofísicos realizados pelas mesmas. As

emissividades são explicitadas pelo fato de serem da mesma matriz (comprimentos de onda) dos índices de vegetação.

Antagônico a este comportamento tem-se o albedo de superfície, que tende a decrescer a radiação líquida, visto que seu aumento significa perda sistemática de energia do sistema para o espaço sideral; assim, observa-se na Figura 13 que o albedo se opõe ao R_n 24 h em ambos os períodos analisados.

Outra variável que é antagônica à radiação líquida é a temperatura de superfície, que tende a elevar a emissão de ondas longas da superfície, e conseqüentemente afetar o balanço de radiação. Entretanto, esta é simétrica ao fluxo de calor sensível e calor no solo; tal fato pode ser explicitado à luz das concepções da estrutura matemática do SEBAL, onde, na equação do G, a temperatura de superfície é uma das variáveis-matriz; elevando-a, tenderá a aumentar o fluxo de calor no solo. O fluxo de calor sensível é uma variável que é dada por convecção, levando em consideração o gradiente de temperatura entre superfície e o ar; nesse sentido, ao se elevar a temperatura de superfície, há a tendência de haver trocas intensas entre as camadas de ar próximas à superfície e troposfera.

Esperava-se de fato que a evapotranspiração tivesse uma relação simétrica com o fluxo de calor latente, haja vista que é oriunda deste fluxo, bem como uma relação com os índices de vegetação e emissividades. O TWI comportou-se positivamente em relação à evapotranspiração, pois os locais mais úmidos, considerando a cota altimétrica, tende a portar áreas com vegetação bem desenvolvida, conseqüentemente com aumento na taxa de evapotranspiração.

Do ponto de vista da contribuição para a ACP, observa-se que as variáveis G, H e TWI são as que mais contribuíram para as componentes principais, como evidenciado na Figura 12 e tabela 1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou que os índices de vegetação (NDVI e SAVI), bem como as emissividades, sofreram influência das características hídricas da vereda analisada. O albedo foi influenciado por fatores astronômicos, bem como pela estrutura física da vereda. A temperatura de superfície foi controlada pela radiação solar global, sendo mais elevada no verão.

A radiação líquida na vereda foi maior no verão do que no inverno, ainda que relativamente elevada em ambos períodos; a vereda dispõe em demasia de radiação líquida, o que influenciou sistematicamente nos componentes G, H, LE e ET 24 h. A variável G foi menos elevada em ambientes de vereda, ao comparar com outras coberturas da terra na literatura; isso se deve ao ambiente analisado ser constituído por um porte arbóreo que impede a incidência direta da radiação solar.

A variável H foi inferior tanto no inverno quanto no verão, em relação ao LE, visto que a presença de água na vereda fomenta com intensidade a transformação da mesma em vapor e, para tanto, necessita-se em grandes proporções de LE, decrescendo H, haja vista que a umidade no local tende a aumentar a resistência aerodinâmica ao transporte de calor. O TWI foi utilizado para apontar que as áreas mais úmidas na vereda, sendo que, no vale raso, é onde situa-se a vegetação arbórea e água, que eleva a evapotranspiração, conseqüentemente. Quanto à ACP, o comportamento das variáveis seguiu o previsto na literatura. As variáveis mais representativas foram G, H e TWI.

As técnicas de sensoriamento remoto utilizadas tiveram bom desempenho, compatíveis com os resultados encontrados com dados da literatura, sendo boas opções para análises ambientais, considerando sistemas naturais no Cerrado, como o caso da vereda. Por fim, esse trabalho se mostra de grande relevância, uma vez que não se tem muitos estudos que explorem o comportamento do balanço de energia e evapotranspiração de um sistema de vereda, podendo nortear as decisões para conservação e manejo das veredas, tendo em mente o seu relevante papel ecológico e socioeconômico.

AGRADECIMENTOS

O segundo autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo bolsa de pesquisa, bem como ao Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD).

REFERÊNCIAS

ANGELINI, Lucas Peres; SILVA, Pablinne Cynthia Batista Silva E; FAUSTO, Marcos Alves; MACHADO, Nadja Gomes; BIUDES, Marcelo Sacardi. Balanço de Energia nas Condições de Mudanças de Uso do Solo na Região Sul do Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 353-363, 2017.

ARAÚJO, Mayara Lucyanne Santos et al. Caracterização Espaço-Temporal Dos Componentes Do Balanço De Radiação E Calor Na Região De Transição Amazônia-Cerrado. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019.

BARBOSA, ANTÔNIO HELTON DA SILVA; CARVALHO, Rodrigo Guimarães De; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre - Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Do Departamento De Geografia**, v. 33, p. 128, 2017.

BAYMA, Adriana Panhol; SANO, Edson Eyji. Séries Temporais De Índices De Vegetação (Ndvi E Evi) Do Sensor Modis Para Detecção De Desmatamentos No Bioma Cerrado. **Boletim de Ciências Geodésicas (Online)**, v. 21, p. 797-813, 2015.

BEZERRA, André Ricardo Gomes et al. Componentes do balanço de energia da soja estimada por meio de imagens via satélite. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 59-65, 2014.

BORELLA, Daniela Roberta; SANTOS, Flávia Regina Pereira; FARIA, THIAGO DE OLIVEIRA; BIUDES, MARCELO SACARDI; MACHADO, Nadja Gomes. Effect Of Conversion Of Native Vegetation On Agricultural Areas On Biophysical Variables In The Transition Region Of Cerrado-Amazonia. **Ciência e Natura**, v. 40, p. 12, 2018.

CAMPOS, W. S.; TEIXEIRA, L. M. S.; MALAQUIAS, F. S. S.; PARENTE, L. L.; FERREIRA, L. G. Plataforma livre e interativa de mapas para a gestão territorial e ambiental do bioma. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, p. 1598-1609, 2017.

DA SILVA FILHO, Armando et al. Estimativa Do Balanço De Energia Pelo Método Da Razão De Bowen A Partir De Medidas De Protótipo De Estação Micrometeorológica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019.

DEBASTIANI, Aline Bernarda et al. Mapeamento do saldo de radiação no Parque Nacional de São Joaquim-SC. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 3, p. 363-367, 2018.

FARIA, Thiago De Oliveira; RODRIGUES, Thiago Rangel; CURADO, LEONE FRANCISCO AMORIM; GAIO, DENILTON CARLOS; NOGUEIRA, José De Souza. Surface albedo in different land-use and cover types in Amazon forest region. **Revista Ambiente e Água**, v. 13, p. 1, 2018.

FERREIRA, M. E.; SILVA, B. E.; MALAQUIAS, S. S. F.; TEIXEIRA, L. M.S. et al., 2019. Plataforma de conhecimento do Cerrado: uma proposta de gestão para um bioma crítico e ameaçado. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, pp. 1-4.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; MIZIARA, F.; SOARES-FILHO, BRITALDO S. Modeling Landscape Dynamics In The Central Brazilian Savanna Biome: Future Scenarios And Perspectives For Conservation. **Journal Of Land Use Science**, V. 8, P. 403-421, 2013.

GOMES, Heliofábio Barros; CAVALCANTE, L. B.; SILVA JUNIOR, Rosiberto Salustiano da ; SANTOS, M. N. . Surface Temperature And Albedo In The Ilha Solteira Region, São Paulo. **Mercator**, v. 16, p. 1-16, 2017.

GUSMÃO, Ana CVL 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.

LOPES, Helio Leandro; SILVA, Bernardo Barbosa da; Pachêco, Admilson Penha . Distribuição espacial do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo no território de Itaparica, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, p. 233-244, 2014.

MALAQUIAS, F. S. S.; TEIXEIRA, L. M. S.; SANTIAGO, R. B. S.; PARENTE, L. L.; FERREIRA, L. G., 2017. Pastagem.Org: Dados E Informações Para Uma Compreensão Ambiental, Econômica e Social Sobre A Última Fronteira Agrícola Do Brasil. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos - SP, Brasil, pp. 1392-1399.

MapBiomass, 2020. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. Disponível em: <<http://mapBiomass.org>>. Acessado em: fevereiro 2020.

MARTINS, A. P.; ROSA, R. . Estimativa de evapotranspiração real a partir de imagens do sensor MODIS/AQUA e do algoritmo SEBAL na bacia do Rio Paranaíba, Brasil. **CADERNO DE GEOGRAFIA**, v. 29, p. 351-367, 2019.

MONTEIRO, PRISCYLLA FERRAZ CÂMARA; FONTANA, DENISE CYBIS; SANTOS, THIAGO VELOSO DOS; ROBERTI, DÉBORA REGINA . Estimativa dos componentes do balanço de energia e da evapotranspiração para áreas de cultivo de soja no sul do Brasil utilizando imagens do sensor TM Landsat 5. **Bragantia**, v. 73, p. 72-80, 2014.

NÓBREGA, Rodolfo LB et al. Ecosystem services of a functionally diverse riparian zone in the Amazon–Cerrado agricultural frontier. **Global Ecology and Conservation**, v. 21, p. e00819, 2020.

OLIVEIRA, B.; FERREIRA, M. E.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. Phenological-Metric Algorithm For Mapping Soybean In Savanna Biome In Brazil. **Australian Journal Of Crop Science**, v. 13, P. 1456-1466, 2019.

OLIVEIRA, LEIDJANE M. M. de et al. Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos MODIS. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, v.18, p.1039-1046, 2014.

PONZONI, Flávio Jorge. Shimabukuro, Yosio Edemir. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. Parêntese, São José dos Campos**, 2009.

PROFETA, André Luiz; FARIA, Sergio Donizete; IMBUZEIRO, Hemlley Maria. Estimativa da evapotranspiração real em área de relevo acidentado utilizando o SEBAL. **Revista Brasileira De Cartografia**, v. 70, p. 1437-1469, 2018.

QUERIN, Carlos Alexandre Santos et al. Spatiotemporal NDVI, LAI, albedo, and surface temperature dynamics in the southwest of the Brazilian Amazon forest. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 10, n. 2, p. 026007, 2016.

ROTHMUND, Lucas Douglas et al. Impacto Da Alteração Da Cobertura Do Solo Nos Parâmetros Biofísicos No Sul Da Floresta Amazônica Por Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019.

SILVA, B. B.; Erivelto Mercante; VILAS BOAS, M. A. ; WRUBLACK, S. C. ; OLDONI, L. V. Satellite-based ET estimation using Landsat 8 images and SEBAL model. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 221-227, 2018.

SILVA, Bernardo B. da; Braga, Alexandra Chaves; BRAGA, C. C.; Montenegro, S. M. G. L.; BARBOSA JUNIOR, B. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 3-8, 2016.

SOUZA, JUSSARA FREIRE DE; SILVA, RICHARDE MARQUES; SILVA, ALEXANDRO MEDEIROS. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa - PB. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 21-37, 2016.

VELOSO, G. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA JR., L. G.; SILVA, B. B. Modelling Gross Primary Productivity In Tropical Savanna Pasturelands For Livestock Intensification In Brazil. **Remote Sensing Applications: Society And Environment**, V. 17, P. 1-8, 2020.

VELOSO, Gabriel Alves; FERREIRA, Manuel Eduardo; DA SILVA, Bernardo Barbosa. Determinação da evapotranspiração real diária em áreas irrigadas do projeto Jaíba (Minas Gerais, Brasil), mediante imagens Landsat 5-TM. **Cerrados**, v. 15, n. 1, p. 53-76, 2017.

VENANCIO, Luan P. et al. Penman-Monteith with missing data and Hargreaves-Samani for ETo estimation in Espírito Santo state, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 153-159, 2019.

ZAPATA-CAUTILLO, Jorge Alejandro et al. Numerical and Comparative Study of the Turbulence Effect on Elbows and Bends for Sanitary Water Distribution. **Revista Facultad de Ingeniería**, v. 28, n. 53, p. 101-118, 2019.

ZIMBRES, Barbara et al. Savanna vegetation structure in the Brazilian Cerrado allows for the accurate estimation of aboveground biomass using terrestrial laser scanning. **Forest Ecology and Management**, v. 458, p. 117798, 2020.

Autores

Gabriel Alves Veloso – Possui Graduação Geografia pela Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) e Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atualmente é Professor na Universidade Federal do Pará (UFPA).

Lucas Augusto Pereira da Silva – Possui Graduação em Geografia pela Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Atualmente é Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES).

Manuel Eduardo Ferreira - Possui Graduação em Geografia pela Universidade de Brasília (UnB), Mestrado em Processamento de Dados em Geologia e Análise Ambiental pela Universidade de Brasília (UnB) e doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás (UFG), com estágio pós-doutorado no Woods Hole Research Center (Massachusetts, EUA). Atualmente é professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Artigo recebido em: 21 de abril de 2020.

Artigo aceito em: 10 de maio de 2020.

Artigo publicado em: 19 de maio de 2020.