

Estimativa por sensoriamento remoto do comportamento da temperatura de superfície diante da conversão de Cerrado à Pastagem

Remote Sensing Estimation of Surface Temperature Behavior Facing the Conversion from Cerrado to Pasture

Lucas Augusto Pereira da Silva

E-mail: Lucaskaio1605@gmail.com

Acadêmico em Geografia pela Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES e pesquisador do Laboratório de Geoprocessamento/UNIMONTES (Com ênfase em Análise Ambiental e Sensoriamento Remoto)

Manoel Reinaldo Leite

E-mail: LeiteManoelReinaldo@gmail.com

Mestre em Geografia (Cartografia e Sensoriamento Remoto) pela Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Resumo: Este estudo se objetivou em entender o comportamento da temperatura de superfície na bacia do rio Jatobá, diante da conversão de áreas de Cerrado à Pastagem em escala espaço-temporal, contemplando o intervalo de tempo entre 1985 e 2016 (31 anos). Para tanto, serão utilizadas técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, além do algoritmo SEBAL. Destaque para esta análise é o decréscimo de Cerrado, devido a sua supressão na bacia do rio Jatobá e acréscimo de áreas de Pastagens devido, levando a distorções nos dados hidrotermais na bacia do Rio Jatobá, sendo acréscimo da temperatura de superfície. No período de 1985, a média dos pontos amostrais de Cerrado era de 21,7°C, já em 2016, essa média é mensurada em 28,86 C, acréscimo ocorrido em áreas de pastagens também, sendo 23,28°C em 1985 e 29,84°C em 2016.

Palavras-Chave: Uso da Terra, pastagem, cerrado, temperatura.

Abstract: The objective of this study was to understand the behavior of surface temperature in the Jatobá river basin, in view of the conversion of areas from Cerrado to Pasture on a space-time scale, considering the time interval between 1985 and 2016 (31 years). For this, will be used Geoprocessing and Remote Sensing techniques, in addition to the SEBAL algorithm. Highlighted for this analysis is the decrease of Cerrado, due to its suppression in the Jatobá river basin and addition of Pasture areas due, leading to distortions in the hydrothermal data in the Jatobá River basin, with an increase in surface temperature. In the period of 1985, the average of the sample points of Cerrado was of 21,7 °C, already in 2016, that average is measured in 28,86°C, increase occurred in pasture areas also, being 23,28°C in 1985 and 29 ,84°C in 2016

Keywords: Land use, pasture, cerrado, temperature.

Introdução

Estudos sobre uso e ocupação da terra são fundamentais para a gestão territorial de uma dada localidade. Estes estudos devem contemplar as variações no espaço-tempo por força das mudanças de orientações que norteiam a utilização dos espaços em diferentes momentos (LEITE e BRITO 2012). Ainda para estes autores, a dinâmica imposta pelos ciclos econômicos sobre o uso das terras impõe uma variação nestes ambientes ao longo do tempo, com consequências para o espaço físico.

Para Leite (2011, p. 15), as alterações no revestimento e do uso da terra implicam numa nova busca pelo equilíbrio da distribuição dos componentes do balanço de radiação na superfície e na atmosfera que nesse caso, a temperatura:

[...] dos diferentes sistemas de uso da terra será diretamente proporcional à quantidade de energia térmica associada. Como exemplo, pode-se citar o fato de que, em uma área cuja radiação solar pode ser considerada constante, as variações de temperatura e do albedo de superfície ocorrerão em função do tipo de cobertura da terra. Tendo em vista que um sistema de uso florestal consumirá mais energia térmica do que um sistema de uso com solo em exposição e assim por diante.

Desta forma, vários estudos vêm sendo desenvolvidos para compreender a dinâmica entre as variações nos usos da Terra para com a temperatura de superfície, que por sua vez, refere-se ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do corpo (PEREIRA et al, 2012). Sendo de extrema importância para o entendimento das interações superfície terrestre-atmosfera.

Tais estudos são subsidiados por meio do uso de técnicas de sensoriamento remoto e algoritmo SEBAL (Surface Energy Balances Algorithm for Land). O sensoriamento remoto é a forma de obter informações acerca da superfície terrestre sem que haja contato físico com os corpos situados na mesma (ROSA, 2011).

O SEBAL é um algoritmo de grande aceitação na comunidade científica, uma vez que o mesmo vem propiciando vários resultados satisfatórios quanto à mensuração de dados envolvendo o balanço de radiação e energia. Este algoritmo foi testado e validado em diversas regiões do mundo como, por exemplo, E.U.A, China, Egito, Espanha, Argentina, Índia, Brasil entre outros (TASUMI, 2003).

No tocante a área específica de estudo, referente a bacia hidrográfica do rio Jatobá, estudos desta natureza serão de extrema importância, uma vez que, a mesma vem sofrendo ao longo dos anos com drásticas mudanças em seu sistema de uso da Terra, isso pode estar associado ao modelo econômico instalado no município cujo esta bacia está geograficamente inserida, no município de Buritizeiro, pertencente a mesorregião Norte-Mineira.

O município tem parte de sua história associada às atividades agropecuárias, intensificadas a partir da década de 1970 com incentivos fiscais e econômicos dos governos federais e estaduais, objetivando a dinamização do setor rural, uma vez que neste período o município integrava a área da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, (TRINDADE, 2007).

Com isso, as áreas de vegetação nativa de Cerrado vêm sendo convertidas de maneira intensa para áreas de pastagem, com intuito de suprir a necessidade do modelo econômico aqui citado.

Diante dessa premissa, este trabalho se norteia em entender o comportamento da temperatura de superfície na bacia do rio Jatobá, diante da conversão de áreas de Cerrado à Pastagem em escala espaço-temporal, contemplando o intervalo de tempo entre 1985 e 2016 (31 anos). Para tanto, serão utilizadas técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, além do algoritmo SEBAL.

Materiais e métodos

Caracterização da área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Jatobá se localiza no município de Buritizeiro. Se situa no Norte de Minas Gerais, entre os paralelos de 16° 30' S e 18° 00' Sul e entre os meridianos 45°40' O e 44°57' Oeste de Greenwich. Na figura 1, está a localização da bacia hidrográfica:

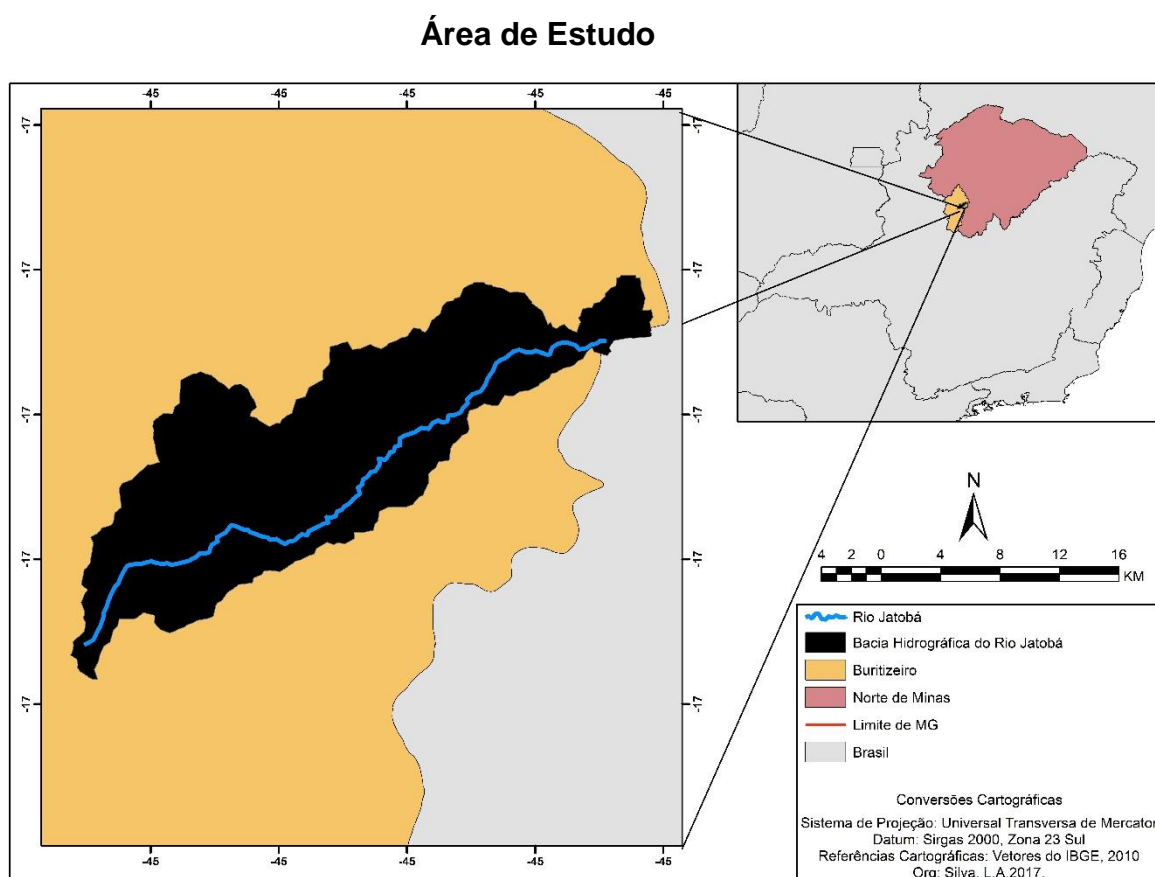


Figura 1- Localização da área de estudo

É o quinto maior município de Minas Gerais, com área de 7255,6Km², com população estimada em 2010 de 26.921 habitantes (IBGE, 2011). O município tem parte de sua história associada às atividades agropecuárias, intensificadas a partir da década de 1970 com incentivos fiscais e econômicos dos governos federais e estaduais, objetivando a dinamização do setor rural, uma vez que neste período o município integrava a área da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, (TRINDADE, 2007). No Município de Buritizeiro, a sequência Cretácea é

representada pelos Grupos Urucuia e Areado, sobrepostos, na maioria da área, às rochas da Formação Três Marias (Grupo Bambuí) (Melo e Espindola,2006).

O primeiro, denominado Chapadão dos Gerais, com altitudes entre 820 e 911m e superfície aplainada, tem como litologia os arenitos do Grupo Urucuia e como solo o Latossolo distrófico. O segundo, com altitudes entre 660 e 750m e topo suavemente ondulado, tem como litologia arenitos do Grupo Areado e como solo a areia quartzosa distrófica da classe dos Neossolos Quartzarênicos do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

O tipo climático caracterizado para o município é o tropical úmido/subúmido, com inverno seco e verão chuvoso, o regime térmico é caracterizado por temperaturas médias mensais: janeiro em torno de 25°C a 24°C; junho e julho entre 20°C a 21°C (TRINDADE, 2007). A bacia hidrográfica do rio Jatobá tem como rio principal o Jatobá, afluente do rio São Francisco.

Procedimentos metodológicos

Nesta etapa, foram utilizados dados de altimetria do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponível no site: Topodata. Utilizando as folhas SE-23-V-D e SE-23-X-C para extração automática da bacia do rio Jatobá. Esta extração automática consistiu nas seguintes etapas apresentadas na figura 2:

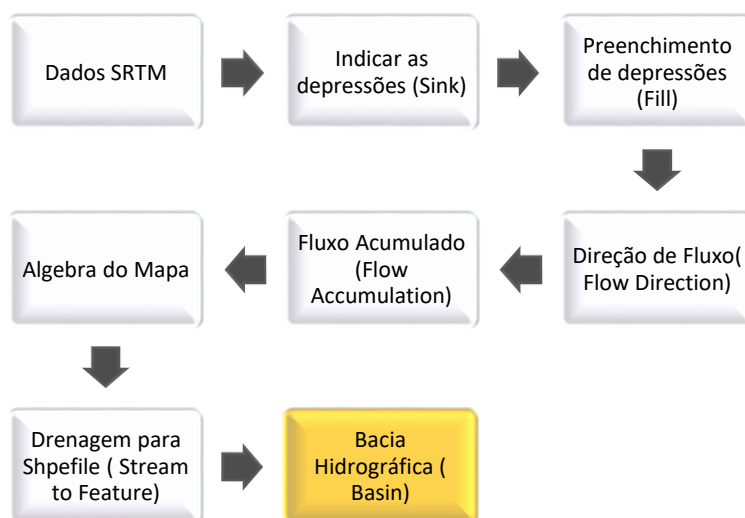


Figura 2- Fluxograma para extração automática de bacias hidrográficas

Em segundo momento foi realizado o mapeamento do uso da terra, consistindo na classificação supervisionada, que segundo Novo (2008) o analista está em constante interação com o sistema de análise digital, dispondo de informações da área a ser estudada.

Foi escolhido o classificador MaxVer, dispondo da classificação por máxima verossimilhança (MaxVer) que considera a ponderação das distâncias entre a média dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos (Lillesand et al., 2007). Nessa classificação cada pixel é destinado à classe que tem mais alta probabilidade de ser similar, ou seja, a máxima verossimilhança. É um classificador

mais eficiente porque são utilizadas classes de treinamento para estimar a forma de distribuição dos pixels contidos em cada classe. (MENESES; SANO, 2012, p. 205).

Para a execução deste trabalho foram selecionados produtos cartográficos, como dados satelitários (imagens) dos satélites Landsat 5 e 8 (TM e OLI/TIRS) disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), referentes às datas 02/07/1985 e 08/08/2016 da órbita 219 e ponto 72. Antes do mapeamento, foi realizada a foto-leitura a fim de estabelecer as classes de usos da Terra, na figura 3, estão representadas as imagens em composição RGB (Red, Green, Blue):

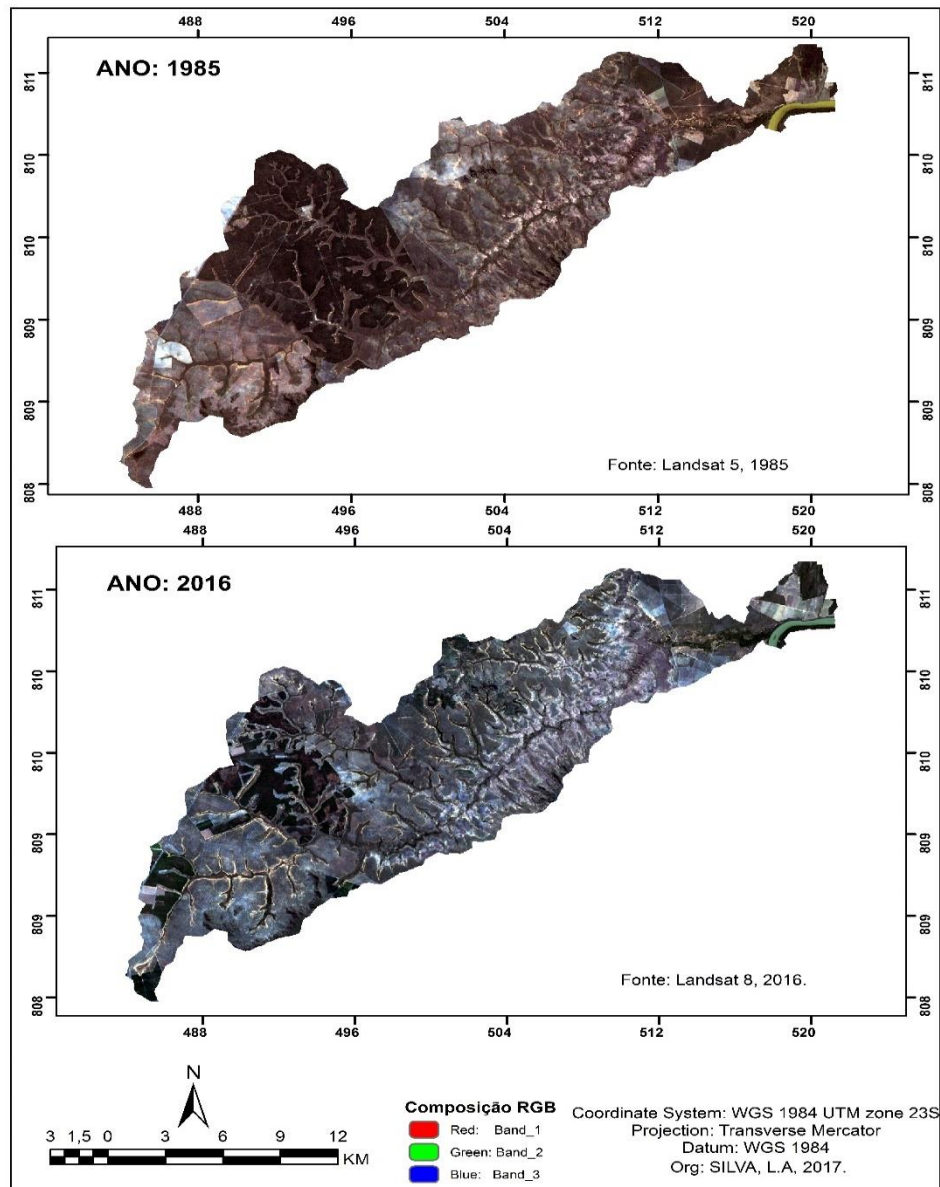


Figura 3- Carta imagem da área de estudo (1985 e 2016)

A classificação foi estabelecida em 6 classes de usos da Terra: Água, Afloramento rochoso, Eucalipto, Cerrado e Pasto. Na tabela 1 estão inseridas as características das classes de usos da Terra:

Tabela 1- Características das classes de usos da Terra mapeadas.

CLASSES DE USOS DA TERRA	CARACTERÍSTICAS
ÁGUA	Dentro desta classe estão inseridos os lagos e as demais redes de drenagem que compõem a bacia
AFLORAMENTO ROCHOSO	Esta classe consiste nas rochas expostas nas áreas mais altas da bacia.
EUCALIPTO	Dentro desta classificação, estão as áreas estendidas aos topos de serras na bacia mapeada.
CERRADO	A classe cerrado, é caracterizada por uma vegetação com variadas fitofisionomias. Vegetação densa, espaçada, em topos de serras, matas ciliares e entre outros.
PASTO	Dentro desta classe estão as áreas de pastagens, espaçadas e ralas.
SOLO EXPOSTO	Dentro desta classe, estão as áreas cujo o solo está descoberto de vegetação, seja ela nativa ou antrópica.

Em terceiro momento foi realizado o mapeamento da temperatura de superfície no algoritmo SEBAL, o processamento referente à imagem do satélite Landsat-8, seguiu-se os procedimentos que estão explicitados no trabalho de Machado (2016) que analisou as áreas de arenização e areais no Sudoeste de Goiás, via sensoriamento remoto buscando identifica-las e mapeá-las. Neste trabalho supracitado ainda podem ser observados os parâmetros referentes às imagens OLI/TIRS.

Para o mapeamento da temperatura de superfície com as imagens do satélite Landsat-5 foi necessário montar uma tabela (tabela 2) com os valores constantes como requisito de transformações dos níveis digitais das imagens em radiância e reflectância, tais dados foram fornecidos pelo serviço geológico dos E.U.A.

Tabela 02– Mapeador Temático™ Landsat 5: descrição, intervalo de comprimentos de onda e coeficientes de calibração, radiâncias espectrais mínima (a) e máxima (b) e irradiância espectral no topo da atmosfera para imagens até 04/05/2003.

Descrição dos canais	Comprimento de onda (µm)	Coeficiente de calibração (Wm ⁻² sr ⁻¹ µm ⁻¹)		Constante solar m ⁻² µm ⁻¹)
		a	b	
Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	-1,52	152,0	1958,00
Banda 2 (verde)	0,53 – 0,61	-2,84	296,81	1828,00
Banda 3 (vermelho)	0,62 – 0,69	-1,17	204,3	1559,00
Banda 4 (infravermelho próximo)	0,78 – 0,90	-1,51	206,2	1045,00
Banda 5 (infravermelho médio)	1,57 – 1,78	-0,37	27,19	219,00
Banda 6 (infravermelho termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	-
Banda 7 (infravermelho médio)	2,10 – 2,35	-0,15	14,38	75,00

Fonte: USGS - United States Geological Survey.

Para a operacionalização no software Erdas imagine 2014, foram seguidas as seguintes etapas:



Figura 4 - Etapas sequenciais para obtenção de temperatura de superfície.

Etapa 1: Radiância

Esta etapa consiste na conversão dos números digitais (ND) em radiância espectral monocromática que representa a radiação solar refletida e a radiação emitida pela Terra, para as bandas 1,2,3,4,5,6 e 7. Utilizou a equação 01 proposta por Markham e Barker (1986):

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \times ND \quad (01)$$

Onde a e b correspondem às radiâncias espectrais máximas e mínimas ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) ND são os níveis digitais de cada pixel da imagem, que variam de 0 a 255, í são as bandas (1,2,3,4,5,6 e 7) do satélite TM Landsat-5.

Etapa 2: Reflectância

A reflectância é a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação global incidente, para tal, utilizou-se a equação 02 proposta por Allen et. al. (2002):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (02)$$

$L_{\lambda i}$ é a radiância monocromática de cada banda do TM Landsat-5, $K_{\lambda i}$ é a irradiância solar no topo da atmosfera de cada banda. Z é o ângulo zenital.

Dr é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol de acordo com o dia ao longo do ano. Pode ser encontrada com a equação 03 proposta por Duffie e Beckman (1980):

$$dr = 1 + 0,033 \cos(2 \pi DDA / 365) \quad (03)$$

Sendo DDA o dia sequencial do ano, começando de 1 de janeiro e considerando fevereiro com 28 dias.

Etapa 3: Albedo planetário

O albedo planetário corresponde ao poder de reflexão da superfície mais a atmosfera e seus componentes para os comprimentos de onda curta (0,3 – 3,0 μm). Sua obtenção se dá através do ajuste linear das reflectâncias espectrais ρ_{λ} com pesos ω_{λ} através da equação 04 (GOMES, 2009).

$$\omega_{\lambda,b} = \frac{ESUN_{\lambda,b}}{\sum ESUN_{\lambda,b}} \quad (04)$$

Etapa 4: Albedo corrigido

O poder refletor da superfície ou albedo de superfície pode ser entendido como o coeficiente de reflexão da superfície para a radiação de onda curta, corrigidos os efeitos atmosféricos. Trata-se de uma medida adimensional que pode ser avaliada pela razão entre a radiação direta e a difusa em função do ângulo zenital solar. A obtenção do albedo de superfície se deu por meio da equação 05 recomendada por Allen et. al. (2002).

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (05)$$

Sendo que, α_{toa} é o albedo planetário e α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera variando de 0,025 a 0,04. E τ_{sw} é a transmissividade da atmosfera que nas condições de transparência calcula-se utilizando a equação 06 de acordo com Allen et. al. (2002).

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2 \times 10^{-5} z \quad (06)$$

Em que z é a altitude em metros de cada pixel da imagem.

Etapa 5: NDVI, SAVI e IAF

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation*

Index – NDVI) é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do IV-próximo (IV ρ) e do vermelho (V ρ), pela soma das mesmas, de acordo com a equação 07:

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (07)$$

Onde IV ρ e V ρ correspondem, respectivamente, as bandas 4 e 3 do LandSat-5 Sensor TM.

Para o cálculo do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI*) que é um índice que busca amenizar os efeitos do “background” do solo, tem sido utilizada a expressão 08 (Huete, 1988):

$$SAVI = \frac{(1+L) \times (\rho_4 - \rho_3)}{(L + \rho_4 + \rho_3)} \quad (08)$$

Onde o fator L é uma função do tipo de solo. Em estudo recente, utilizamos L = 0,1, embora o seu valor mais frequente seja L = 0,5 (Huete & Warrick, 1990; Accioly et al., 2002; Boegh et. al., 2002).

O Índice de Área Foliar (IAF) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. O IAF é um indicador da biomassa de cada pixel da imagem e o mesmo foi computado pela seguinte equação 09, obtida por Allen et al. (2002):

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (09)$$

Etapa 6: Emissividades

Para a obtenção da temperatura da superfície, é utilizada a equação de Planck invertida, válida para um corpo negro. Como cada pixel não emite radiação eletromagnética como um corpo negro, há a necessidade de introduzir a emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal ϵ_{NB} , qual seja: 10,4 – 12,5 μm . Por sua vez, quando do cômputo da radiação de onda longa emitida por cada pixel, há de ser considerada a emissividade no domínio da banda larga ϵ_0 (5 – 100 μm). Segundo Allen et al. (2002), as emissividades NB ϵ e ϵ_0 podem ser obtidas, para $NDVI > 0$ e $IAF < 3$, segundo as equações 10 e 11:

$$\epsilon_{NB} = 0,97 - 0,0033 \cdot IAF \quad (10) \quad \epsilon_0 = 0,95 - 0,01 \cdot IAF \quad (11)$$

Para pixels com $IAF \geq 3$, $\epsilon_{NB} = \epsilon_0 = 0,98$ e para corpos de água ($NDVI < 0$) = $\epsilon_{NB} = 0,99$ e $\epsilon_0 = 0,985$, conforme recomendações de Allen e al. (2002).

Etapa 7: Temperatura de superfície

Para a obtenção da temperatura de superfície (T_s) são utilizadas a radiância espectral da banda termal $L_{\lambda, 6}$ e a emissividade ϵ_{NB} obtida na etapa anterior. Dessa forma, obtém-se a temperatura da superfície (K) pela equação 12:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda, 6}} + 1\right)} \quad (12)$$

$K_1 = 607,76 \text{ Wm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$
 $K_2 = 1260,56 \text{ K}$

São constantes da banda termal do Landsat-5 (Allen et al., 2002; Silva et al., 2005).

Resultados e Discussões

No que se refere ao mapeamento do uso da Terra na bacia do rio Jatobá, foi dada a ênfase as classes de Cerrado e Pastagem, para compreender o comportamento da temperatura de superfície diante da conversão de Cerrado em Pastagem. Para tanto, na figura 5, está demonstrada a variabilidade espacial da distribuição dos usos da Terra na bacia do rio Jatobá, para o período analisado em 1985:

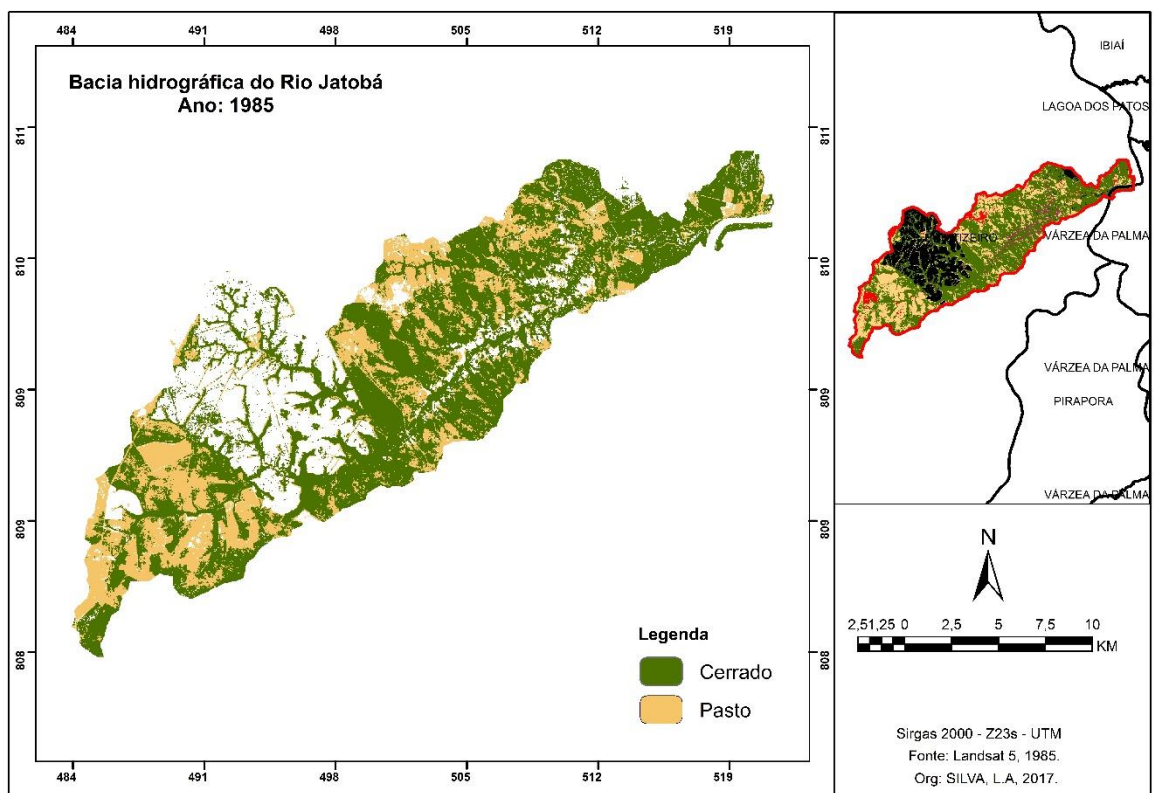


Figura 5- Uso da Terra da bacia do rio Jatobá (ênfase para Cerrado e Pastagem) no período analisado em 1985.

Na tabela 3 e gráfico 1 estão os dados percentuais da distribuição dos usos da Terra demonstrados na figura 4:

Usos da Terra	Área em Percentual (%)
Água	0,45
Solo Exposto	2,63
Eucalipto	17,5
Cerrado	50,96
Pasto	25,38
Afloramento Rochoso	3,08

Tabela 3- Percentuais dos usos da Terra em 1985.

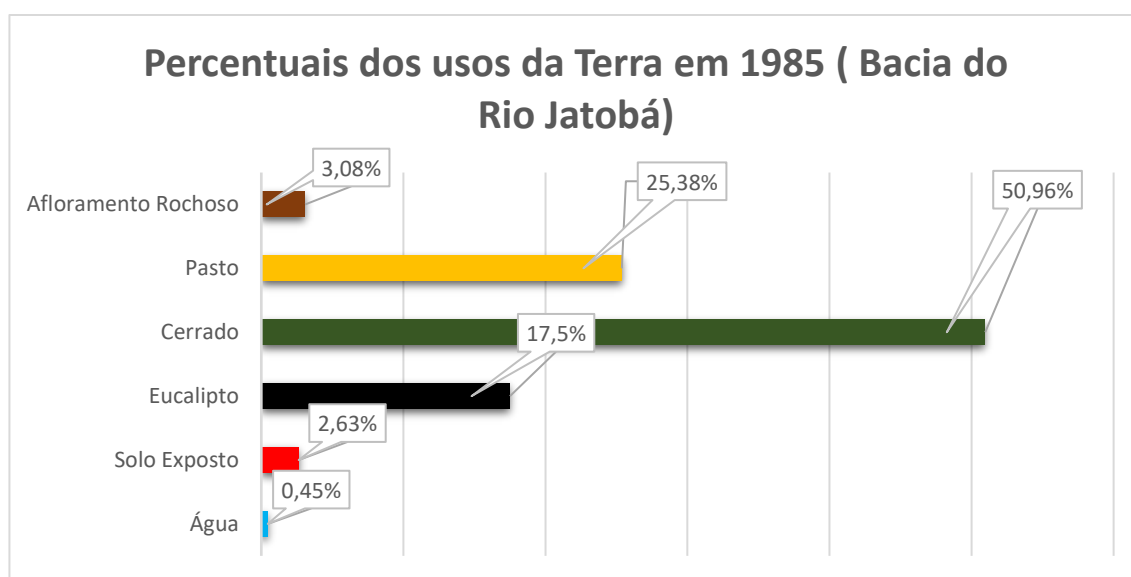


Gráfico 1: Representação dos usos da Terra distribuídos na bacia do rio Jatobá no período analisado em 1985.

Ao analisar os usos da Terra para este período, é notório a predominância de vegetação nativa, nessa classe o tipo vegetacional escolhido foi o de Cerrado, não classificando as heterogêneas fitofisionomias, cujo podem ser citadas: Cerradão, formações campestres e mata ciliar.

Esta classe compõe 50,96% da bacia hidrográfica no momento da passagem do sensor. Ao Sul da bacia é possível observar que esta localidade já sofria com supressão de mata nativa. Quando denominou-se esta classe como vegetação natural (Cerrado) não tira possibilidade de que, dentro destas áreas não há ação antrópica, principalmente nas áreas próximas há sistemas de pastagens e eucalipto.

Tangente a classe mapeada como pasto, de acordo com a figura 4 e gráfico 2, ocupa no período analisado em 1985 25,38% do território mapeado. De acordo com a figura 2 onde está o mapa do uso da Terra, ao Sul da bacia, é há possibilidade de

observar os avanços de áreas de pastagens, dá-se ênfase ao sul, devido a grande porção de área em extensão territorial, porém, as áreas denominadas como pastagem está distribuída em praticamente toda extensão da bacia, ou seja, as áreas de pastagens já em 1985 apresentavam distribuição considerável na bacia do rio Jatobá.

Na figura 6, estão inseridos no mapa os usos da Terra, com ênfase as áreas de Cerrado e Pastagem para o período analisado em 2016:

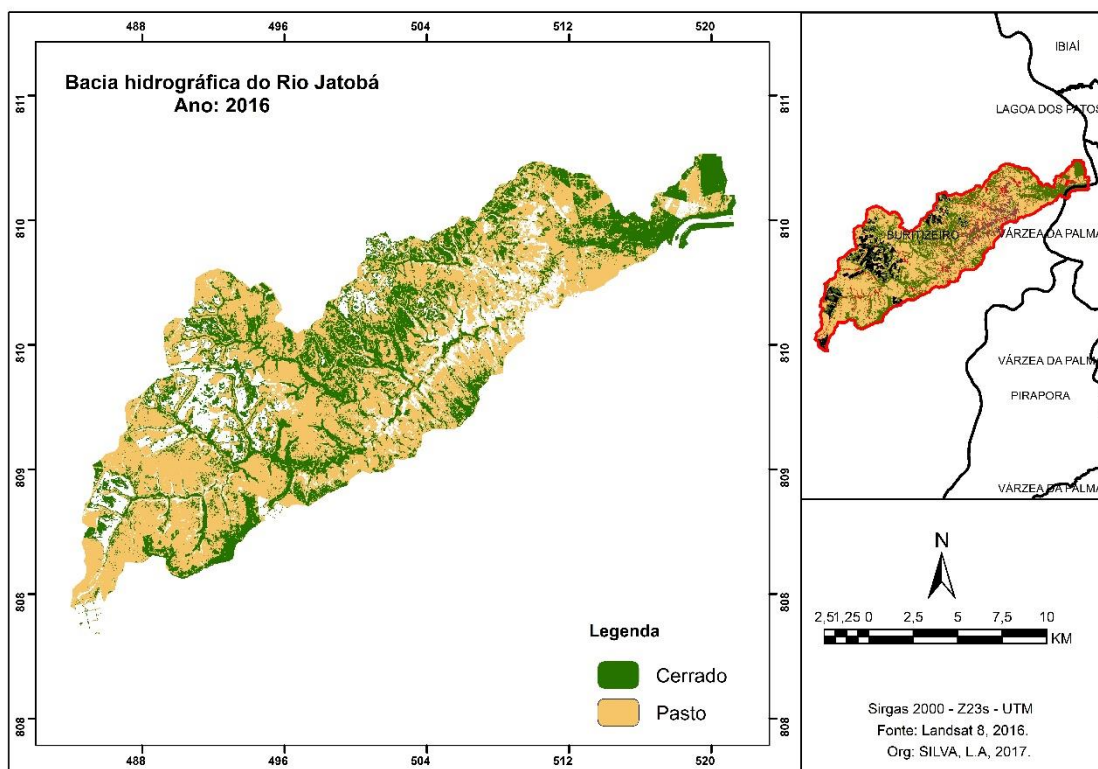


Figura 6- Uso da Terra da bacia do rio Jatobá (ênfase para Cerrado e Pastagem) no período analisado em 2016.

Na tabela 4 e gráfico 2 estão os percentuais da distribuição dos usos da Terra na bacia do rio Jatobá:

Usos da Terra	Área em Percentual (%)
Água	0,37
Solo Exposto	4,12
Eucalipto	7,47
Cerrado	30,83
Pastagem	53,1
Afloramento Rochoso	4,12

Tabela 4- Percentuais dos usos da Terra em 2016.

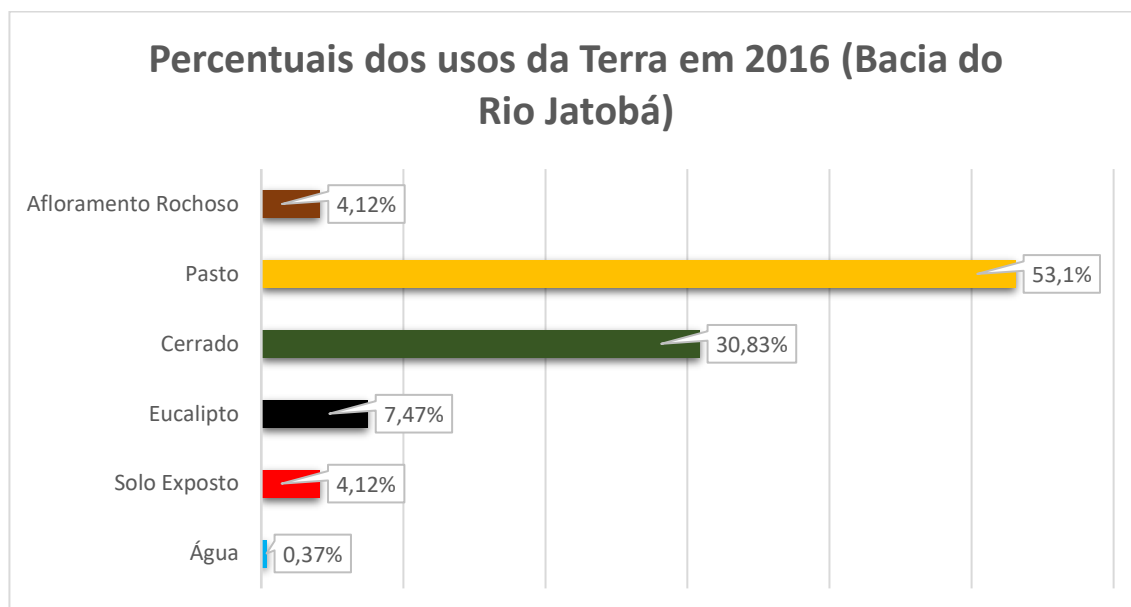


Gráfico 2: Representação dos usos da Terra distribuídos na bacia do rio Jatobá no período analisado em 2016.

Consoante ao mapeamento do uso da Terra da bacia hidrográfica do rio Jatobá no período analisado em 2016, é possível observar visualmente, que houveram mudanças significativas na espacialidade dos sistemas de usos da Terra, principalmente acerca das áreas de Cerrado e Pastagem.

No que tange as áreas de vegetação nativa, mapeadas como Cerrado, é notório que há decréscimo significativo de sua ocupação do território analisado, ao comparar os dois períodos (1985 e 2016). No período de 1985, a classe ocupava 50,96% do território, já em 2016, esta classe ocupou 30,83% da bacia hidrográfica.

O cenário de redução da cobertura vegetal ou supressão da mata nativa tem reflexos significantes na fragmentação dos habitats, influencia diretamente na redução da biodiversidade e o aumento do efeito de borda nos fragmentos das vegetações naturais (CLEMENTE et., al 2017). Os efeitos de bordas ocasionam padrões diferenciados físicos e bióticos nas proximidades das bordas dos fragmentos das fitofisionomias, aumentando a turbulência de ventos e alterações microclimáticas, isso reflete negativamente na mortalidade e danos de árvores (MURCIA, 1995; CAMARGO; KAPOs,1995; LAURANCE, 1997; LAURANCE et., al 1998; NASCIMENTO; LAURANCE, 2006), citados por Clemente (2017).

Diante desta argumentação vale ressaltar que, as alterações nos revestimentos naturais da superfície tendem a levar a alterações no balanço de radiação tanto na superfície quanto na atmosfera. E entre os elementos do balanço de radiação que podem ser alterados, tem-se a temperatura de superfície.

Vários pesquisadores mostram que, os usos da Terra são grandes responsáveis pela alteração do comportamento termal da superfície, pesquisadores como Leite (2011), Leite e Brito (2012), Delgado et al., (2013).

Diante dos dados sobre o mapeamento do uso do solo da bacia do rio Jatobá, observa-se grandes avanços das áreas de pastagem dentro do intervalo mapeado (31 anos), portanto, fez-se necessário o mapeamento da temperatura de superfície para os usos da Terra da bacia hidrográfica, na figura 7, seguem as médias de temperatura de superfície referente ao período analisado em 1985:

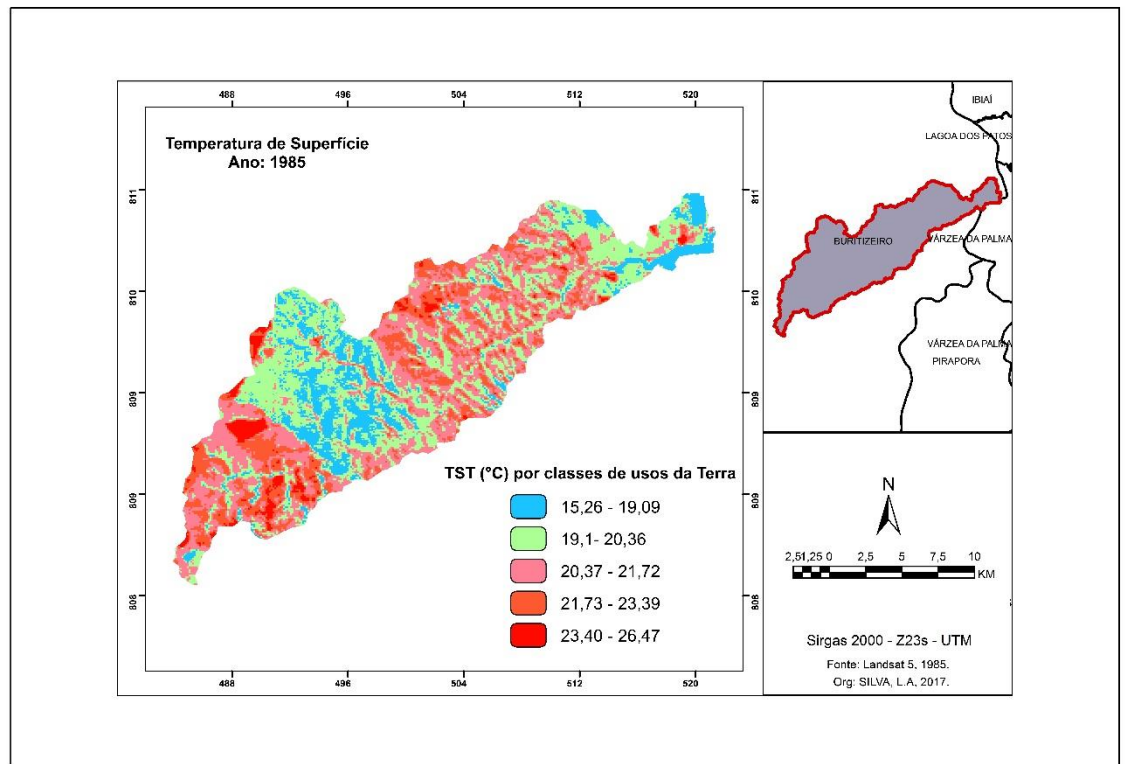


Figura 7- Temperatura de superfície da bacia do rio Jatobá no período analisado em 1985.

De acordo com a figura 6, as médias da temperatura de superfície representadas entre 15,26°C e 19,09°C representam as áreas de corpos hídricos, porções de áreas de Eucalipto, estes são os menores valores representados no mapeamento da temperatura de superfície, neste estudo, isto pode estar associado ao alto valor de calor específico da água e obviamente ao fator de umidificação dos corpos hídricos (referente a classe mapeada como água) Já para as áreas de Eucalipto, estas médias de temperatura de superfície, relativamente baixas, se justificam pelo fato de que parte da radiação solar incidente sobre o dossel das árvores é absorvida ou refletida pelas folhas para que ocorram os diversos processos e interações físico-químicos, como a fotossíntese.

A radiação incidente sendo utilizada nos fluxos de calor latente para a evapotranspiração e a disponibilidade hídrica neste ambiente dificulta o aumento da temperatura, devido ao elevado calor específico da água (PRIMAVESI et al, 2007; PONZONI e SHIMABUKURO, 2009; JENSEN, 2010).

As classes mapeadas entre 20,37°C e 21,72°C, estão relacionadas a grande parte das áreas de vegetação de Cerrado, observa-se que esta classe ocupa grande parte da bacia no período analisado, reforçando assim, os dados apresentados no

gráfico 1, onde apresenta dados demonstrando que, a vegetação de Cerrado ocupava 50,96% do território mapeado em 1985.

A presença de vegetação nativa, além de promover sombreamento sobre a superfície terrestre, é responsável pela redução térmica do solo e do ar, decorrente do processo de inversão entre a umidade e a temperatura, podendo estar associada a disponibilidade hídrica e/ou consumo de água desta classe, que decorre a partir do aumento da evapotranspiração da vegetação, que, ao aumentar sua liberação de vapor de água na atmosfera tende a promover a amenização do calor nestes ambientes.

No tocante as áreas mapeadas como afloramento rochoso, encontra-se rochas expostas à incidência de radiação solar, favorecendo maior intensidade do fluxo de calor no solo, conseqüentemente aquecendo com maior intensidade a superfície, maior parte de sua área está inserida nas médias termais entre 21,73°C e 23,39°C.

As médias da temperatura de superfície, para as áreas de Solo Exposto e Pastagem variaram entre 21,73°C e 26,47°C. No que diz respeito as áreas de solo exposto, estes valores podem estar associados à sua alta amplitude térmica, que, aquece rapidamente durante o período de exposição solar, levando a conseqüente elevação de temperatura durante o dia, aumentando a irradiação de calor e a temperatura em seu entorno (GARTLAND, 2010).

Tangente às áreas de pastagens que detém de maior distribuição na bacia que as áreas de solo em exposto, as médias de temperatura de superfície para estas áreas podem estar associadas ao período analisado (inverno), onde, a matriz captada pelo sensor é a do solo. Outro fator, pode ser relacionado aos pigmentos, fenologia das pastagens, disponibilidade hídrica e a baixa umidade destas áreas.

Na figura a seguir (8) estão demonstrados os dados sobre temperatura de superfície para o período analisado em 2016:

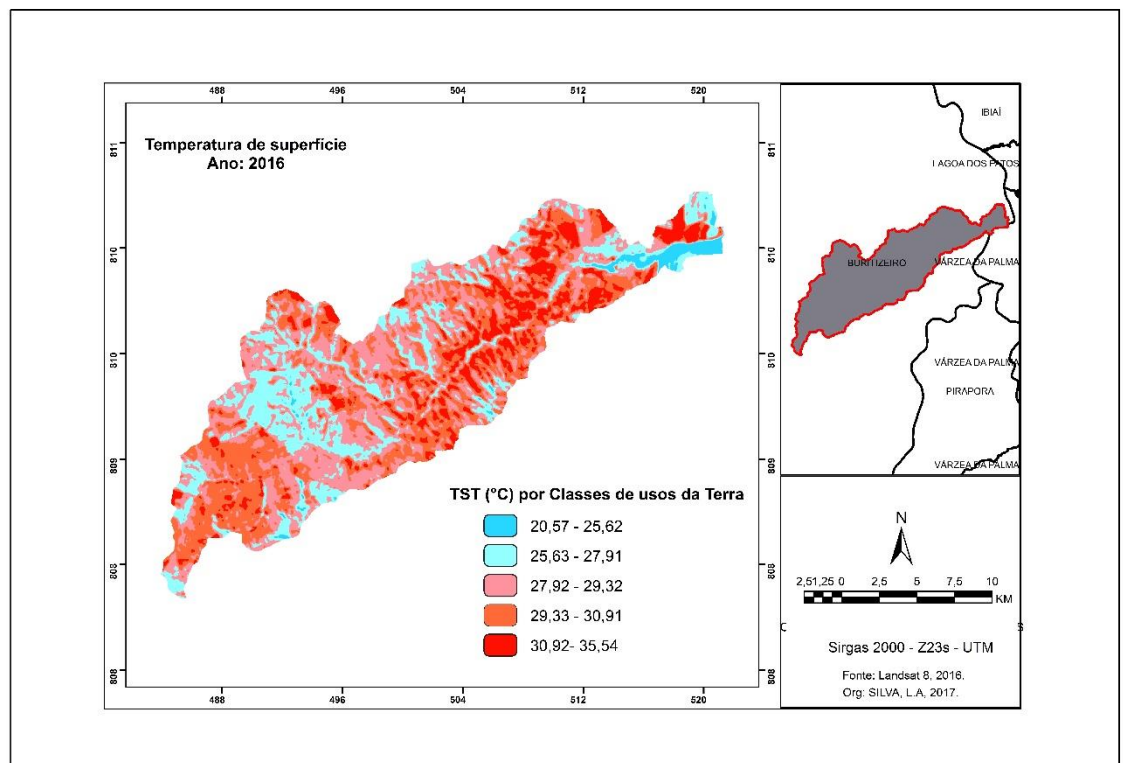


Figura 8- Temperatura de superfície da bacia do rio Jatobá no período analisado em 2016.

Ao analisar a figura 8, é notória a variabilidade da temperatura de superfície, assim como ocorre a variabilidade dos usos da Terra, conforme a figura 5. Podendo argumentar que, essa variação de temperatura de superfície, tende a ter forte relação com a conversão dos usos da Terra. Dentro das médias termais entre 20,57°C a 27,62°C, estão grande parte das áreas mapeadas como: Água, Cerrado e Eucalipto.

As médias de temperatura de superfície entre 27,92 e 35,54°C estão as áreas: Afloramento Rochoso, Pastagem e Solo Exposto, abrangendo também porções consideráveis de vegetação de Cerrado.

É notória a grande concentração das médias de temperatura de superfície entre 27,92 e 30,91°C destinadas às áreas de ocupação de pastagem, assim, podendo discutir sobre o comportamento da temperatura de superfície em áreas alteradas de Cerrado à Pastagem, uma vez que, conforme demonstrado nos gráficos 1 e 2 e nas figuras 4 e 5, as áreas de pastagem tiveram grandes avanços para as áreas de vegetação de Cerrado e conseqüentemente as áreas de Cerrado tiveram declínios em suas extensões territoriais na bacia do rio Jatobá no intervalo de 31 anos (1985 a 2016).

Para representar o comportamento da temperatura de superfície em áreas de Cerrado convertidas à Pastagem, fez-se necessário a amostragem de áreas de Cerrado e Pastagem nas duas imagens analisadas. Na tabela 5 e gráfico 3, estão demonstrados o comportamento da temperatura de superfície referentes às áreas de Cerrado e Pastagem nos dois períodos (1985 e 2016):

Médias Termiais

Usos da Terra	1985	2016
Pastagem	23,28°C	29,84°C
Cerrado	21,7°C	28,86°C

Tabela 5 – Representação do comportamento da temperatura de superfície em áreas de Cerrado e Pastagem na bacia do rio Jatobá no período analisado em 1985 e 2016.

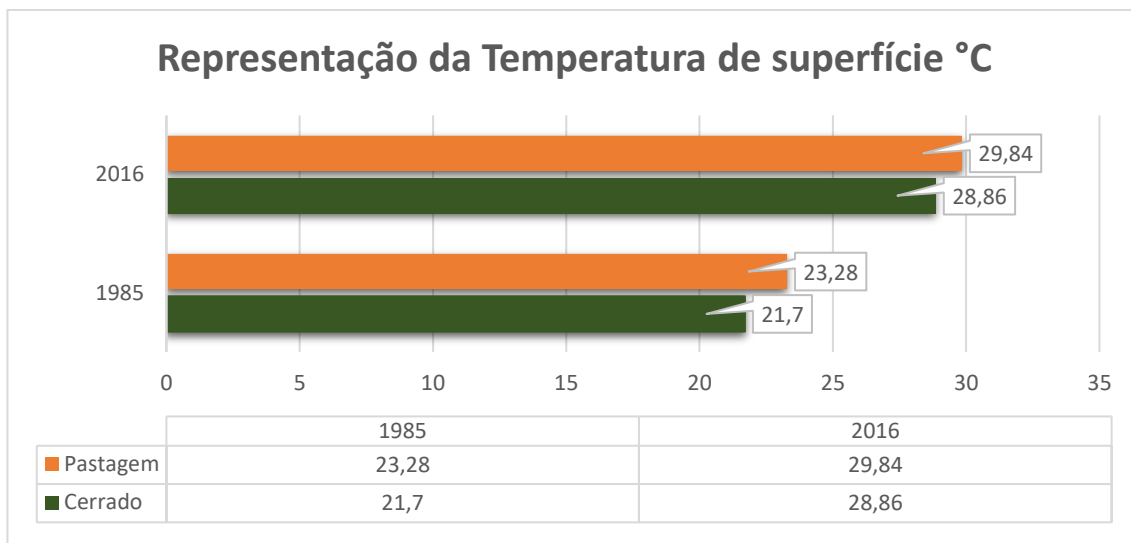


Gráfico 3: Representação do comportamento da temperatura de superfície em áreas de Cerrado e Pastagem na bacia do rio Jatobá no período analisado em 1985 e 2016.

As amostras de Cerrado extraídas da imagem termal referente ao período analisado em 1985, possuem com 3.297 pixels, as áreas de pastagem no mesmo período, possuem 1.044 pixels. As amostras de Cerrado no período analisado em 2016, compreendem a 3.126 pixels da imagem termal. Consoante as amostras de Pastagem deste período compreendem a 2.169 pixels.

Conforme demonstrado no gráfico 3, as áreas de Cerrado nos dois períodos amostrados (1985 e 2016) possuem menores temperaturas que áreas de Pastagem, no período analisado em 1985 a temperatura de superfície é estimada para a área de Cerrado em 21,7°C dentro das amostras analisadas. Já em 2016, as áreas de Cerrado analisadas diante das amostras, são estimadas em 28,86°C.

Tangente as áreas de Pastagens, as temperaturas superficiais foram estimadas em 23,28°C e 29,84°C (1985 e 2016 respectivamente).

É notório que, a média da temperatura de superfície, das amostras de vegetação de Cerrado sofrem um acréscimo de 7,16°C se comparar a média analisada em 1985 e a média analisada em 2016, havendo acréscimo de 1985 a 2016. Porém este comportamento pode estar associado aos avanços das áreas de pastagens, pois, no momento da passagem do sensor em 1985 a bacia obteve a média de 20,58°C de temperatura de superfície, e neste período a classe de uso da Terra predominante era a de vegetação nativa de Cerrado, já no momento da passagem do sensor em 2016, a média da temperatura de superfície foi de 29,06°C, e o uso da Terra predominante neste período refere-se às áreas de Pastagem.

Esta argumentação sustenta-se ao se fazer uma análise teórica, nem como em trabalhos como os de Leite (2011), Silva et al., (2017) e Pereira (2014). Sendo que Leite (2011) atribuindo de técnicas de sensoriamento remoto e algoritmo SEBAL relacionou o uso da Terra com o albedo e temperatura de superfície na bacia hidrográfica do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais, o referido autor demonstrou que a supressão de mata nativa tende a elevar os valores de albedo e temperatura de superfície. Silva et al., (2017) em pesquisa no município de Várzea da Palma (Norte de Minas Gerais), mostrou a relação de índices de vegetação com a elevação do albedo de superfície, demonstrando que áreas de vegetação nativa convertidas em pastagem tiveram aumentos significativos no albedo superficial. Já Pereira (2014) em

estudo utilizando a climatologia geográfica e sensoriamento remoto em na Bacia da Usina Hidrelétrica em Barra dos Coqueiros mostrou que a pastagem possui alta amplitude térmica, bem como na análise deste estudo.

Considerações Finais

Este trabalho buscou analisar o comportamento da temperatura de superfície diante da conversão de áreas de Cerrado para áreas de Pastagem, foi possível observar que, houve acréscimo na temperatura de superfície da bacia diante das conversões de áreas de Cerrado para Pastagem, tanto nas amostras expostas no gráfico 3, quanto nos mapeamentos do uso da Terra e variação da temperatura de superfície.

Portanto, a conversão de áreas de vegetação nativa de Cerrado a Pastagem em um dado ambiente, tende a elevar as médias termais da superfície, podendo ainda assim, argumentar a ideia de simulação da temperatura de superfície, onde, se nesta bacia houvesse somente vegetação nativa ou maior percentual, a média geral da temperatura de superfície na bacia tenderia a ser menor, agora caso nesta, houvesse implementação de áreas de Pastagens como um todo, tenderá a elevar as médias de temperatura de superfície.

Portanto, este trabalho pode servir de instrumentalização para gestão da bacia hidrográfica do rio Jatobá, acerca da rotação dos sistemas de usos da Terra e variações variáveis meteorológica, a exemplo da temperatura de superfície.

Para esta análise, vale destacar as técnicas utilizadas neste trabalho. No tocante ao sensoriamento remoto, foi de grande competência para monitorar a superfície em escala temporal. O Geoprocessamento foi instrumento fundamental na elaboração das cartas de usos da Terra e extração do limite da bacia do rio Jatobá, por meio de imagens SRTM através do SIG. O Algoritmo SEBAL, mostrou ser uma ferramenta eficiente no que se refere o mapeamento da temperatura de superfície.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R. G., TASUMI, M. AND TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) Advanced Training and Users Manual** – Idaho Implementation, version 1.0, 97 p., 2002.

ANA – Agência Nacional de Águas, Superintendência de Informações Hidrogeológicas, (SIH). Águas Subterrâneas. Brasília. 2005.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate**. PhD. Dis., CIP Data Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, the Netherlands. 272 p., 1998.

DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A., 1980. Solar Engineering of Thermal Process, 1st ed. John Wiley and Sons, NY.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 248p.

GARTLAND, L. Ilhas de calor: **Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 248p.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. Acesso em: jun/2017.

LEITE, M.R. 2011. **Sensoriamento remoto aplicado à Análise temporal da relação uso da Terra/Temperatura e Albedo de superfície na Bacia hidrográfica do Rio Vieira no Norte Minas Gerais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia/MG.

LILLESAND, KIEFER E CHIPMAN. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Wiley; 6 edition (November 6, 2007).

MACHADO, L.M. 2016. **Áreas de arenização e areais no Sudoeste de Goiás: O uso do sensoriamento remoto para identificação e mapeamento**. Goiás. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás. 2016.

PEREIRA, C.C.; MARIANO, Z.F.; WACHHOLZ, F.; CABRAL, P.B.J. Análise da temperatura de superfície e do uso da Terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **REVISTA GEONORTE**, Ed. 2, V.2, N.5, p.1243 – 1255, 2012.

PEREIRA, C.C. 2014. **Temperatura de Superfície na Bacia da Usina Hidrelétrica (UHE) Barra dos Coqueiros, utilizando climatologia e sensoriamento remoto**. Goiás.2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás. 2014.

MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação Pixel a Pixel de Imagens. In: **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Meses, P. R; Almeida, T. de. (Org.). Brasília, 2012.

MARKHAM, B. L., BARKER, J. L. **Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures**, EOSAT Landsat Technical Notes, v. 1, p. 3-8, 1986.

MELO, D.L.; ESPINDOLA, C.R. 2006. As veredas nos planaltos de Buritizeiro/MG: Estágio atual dos conhecimentos. **Anais VI simpósio de Geomorfologia**, Goiânia, 2006.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**, São Paulo. Blucher, 3ed., 2008.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y, E. 2007. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP: Parêntese Editora, 135 p.

SANTOS, E.H. M; GRIEBELER, N.P; OLIVEIRA, L.F. C.. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. Campina Grande**, v.14, nº.8, 2010.

SILVA, L. A.; LEITE, M. R.; VELOSO, G.A. NDVI como indicador de alterações nos sistemas de usos da Terra e no Albedo de Superfície no Município de Várzea da Palma (Miqs Gerais). **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, Ano XXVIII, n. 2, p. 76-94, Jul./Dez. 2017.

TASUMI, M. **Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery**. PhD thesis, Dept. Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho. Idaho, 2003.

TRINDADE, Wallace Magalhães. **Condicionantes Litoestruturais da Origem e Desenvolvimento de Processos Erosivos e Arenização na Bacia do Rio do Formoso – Buritizeiro /MG**. Monografia (Conclusão de Curso) Universidade Estadual de Montes Claros. Curso de Geografia. Pirapora: 2007.