

Relação entre cobertura e temperatura do solo em região periurbana do Cerrado

Renato Carneiro Fernandes da Silva¹

César Silva Lopes²

Francienne Góis Oliveira³

André Luís Teixeira Fernandes⁴

Leonardo Campos de Assis⁵

Resumo

As mudanças microclimáticas relacionadas à emissão de radiação eletromagnética na faixa termal estão associadas a mudanças de cobertura do solo e temperatura superficial. Neste estudo foi analisada a relação da cobertura do solo com a Temperatura Superficial Aparente (TSA) em área periurbana do Cerrado, utilizando imagens de satélite. A partir de procedimentos de Processamento Digital de Imagens, como a classificação supervisionada, determinaram-se as tipologias de cobertura do solo, bem como operações aritméticas que produziram imagens de temperatura da superfície em graus Celsius. Para avaliar a relação foram utilizadas informações climáticas em duas épocas distintas: 1985 e 2011. Os resultados demonstram que para o ano de 1985 dos cinco grupos de amostras de cobertura do solo o grupo da Pastagem apresentou-se de forma expressiva em 50 % da área. De 1985 a 2011, foi verificado aumento de área para as classes de Pastagem, Vegetação Nativa e Área Urbana e redução de área para as classes Solo Exposto e Cultura Agrícola. Em relação à TSA, as médias de temperatura das classes sofreram aumentos significativos. As diferenças das médias para cada classe foram: Pastagem (+4,47°C), Vegetação Nativa (+3,53°C), Área Urbana (+4,89°C), Solo Exposto (+4,72°C) e Cultura Agrícola (+3,27°C). As maiores TSAs destacam-se para as classes Solo Exposto e Área Urbana, enquanto as menores para as classes com cobertura vegetal, como cultura agrícola e vegetação nativa.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Temperatura Superficial Aparente. Mudança da paisagem.

Introdução

As alterações ou mudanças na cobertura do solo assumem diferentes finalidades e aplicações, que se modificam gradativa e continuamente no decorrer do tempo. De acordo com Alves (2004), a expressão “uso e cobertura da terra” é um conceito híbrido, formado por dois termos: cobertura

1 Universidade de Uberaba – *Campus* Aeroporto, técnico em Laboratório de Geoprocessamento. renato.carneirofs@hotmail.com. Av. Nené Sabino, Uberaba (MG), Brasil, CEP: 38055-500.

2 Universidade de Uberaba – *Campus* Aeroporto. cesarsilvalopes@gmail.com.

3 Universidade de Uberaba – *Campus* Aeroporto. francienne.oliveira@uniube.br.

4 Universidade de Uberaba – *Campus* Aeroporto. andre.fernandes@uniube.br.

5 Universidade de Uberaba – *Campus* Aeroporto. leonardo.assis@uniube.br.

da terra refere-se aos atributos físicos da superfície terrestre, tais como floresta, vegetação herbácea e desertos; terra diz respeito aos motivos pelos quais o homem maneja a cobertura do solo, como agricultura, pastagens e assentamentos.

Com isso, os estudos sobre cobertura do solo devem envolver relações espaço-temporais (LEITE; BRITO, 2012). As mudanças da cobertura do solo com os microclimas existentes geram uma interligação, a qual, a cada modificação do ambiente, por menor que seja, promove a formação de um novo microclima, por meio de diversas ações, tais como a supressão vegetal e as construções urbanas (COELHO; CORREA; NASCIMENTO, 2013). Os efeitos decorrentes das alterações do espaço sobre a população implicam desconforto térmico, qualidade do ar, impactos pluviiais, saúde da população, entre outros (COELHO; CORREA; NASCIMENTO, 2013).

Segundo Baptista (2012), é chamada de Temperatura Radiométrica ou Temperatura Superficial Aparente (TSA) a concentração quantitativa do fluxo radiante, de modo que o fluxo radiante refere-se à radiação eletromagnética que sai de um objeto. A TSA é detectada a partir da radiação de ondas longas emitidas na faixa do infravermelho termal por objetos na superfície terrestre e captadas pelos sensores orbitais acoplados em satélites artificiais (CALLEJAS et al., 2011).

Estudos sobre a temperatura superficial radiométrica/aparente tornaram-se mais constantes a partir da última década, com o intuito de analisar a evolução da amplitude térmica sobre as áreas urbanas, os municípios e as bacias hidrográficas brasileiras em relação ao uso/ocupação e cobertura do solo (NASCIMENTO et al., 2009; CALLEJAS et al., 2011; LEITE; BRITO, 2012; PEREIRA et al., 2012; MASHIKI, 2012; COELHO; CORREA; NASCIMENTO, 2013; CARVALHO et al., 2013). De acordo com Pereira et al. (2012), na climatologia geográfica uma ferramenta eficaz de estudo tem sido o uso de imagens termais de satélites meteorológicos para o mapeamento da TSA.

Jensen (2009) relata que objetos com temperatura acima do zero absoluto (0 K) emitem energia eletromagnética, portanto, todos os elementos presentes na paisagem (vegetação, solo, rocha, água, entre outros) emitem radiação eletromagnética infravermelha termal entre intervalos de 3 a 14 μm . No caso do Satélite Landsat 5, sensor *Thematic Mapper* (TM), o comprimento de onda compreende o intervalo de 10,4 a 12,5 μm da faixa espectral (MATHER, 2004).

Vários autores supracitados utilizaram as ferramentas do sensoriamento remoto na abordagem da TSA voltadas para áreas urbanas em estudos de fenômenos climáticos como as Ilhas de Calor Urbano (ICU). Entretanto, segundo Zhao et al. (2014), as cidades de climas secos (caracterizadas por savanas e vegetação rasteira) sofrem forte influência das remediações, ou seja, do meio rural, em relação às cidades de clima úmido, que apresentam amplitudes térmicas significantes das periferias para os centros. Assim, estão inseridas as cidades pertencentes ao clima seco, como no Cerrado Mineiro. Neste contexto, este estudo tem como objetivo a análise da relação da cobertura do solo com a Temperatura Superficial Aparente (TSA) em área periurbana do Cerrado.

Material e métodos

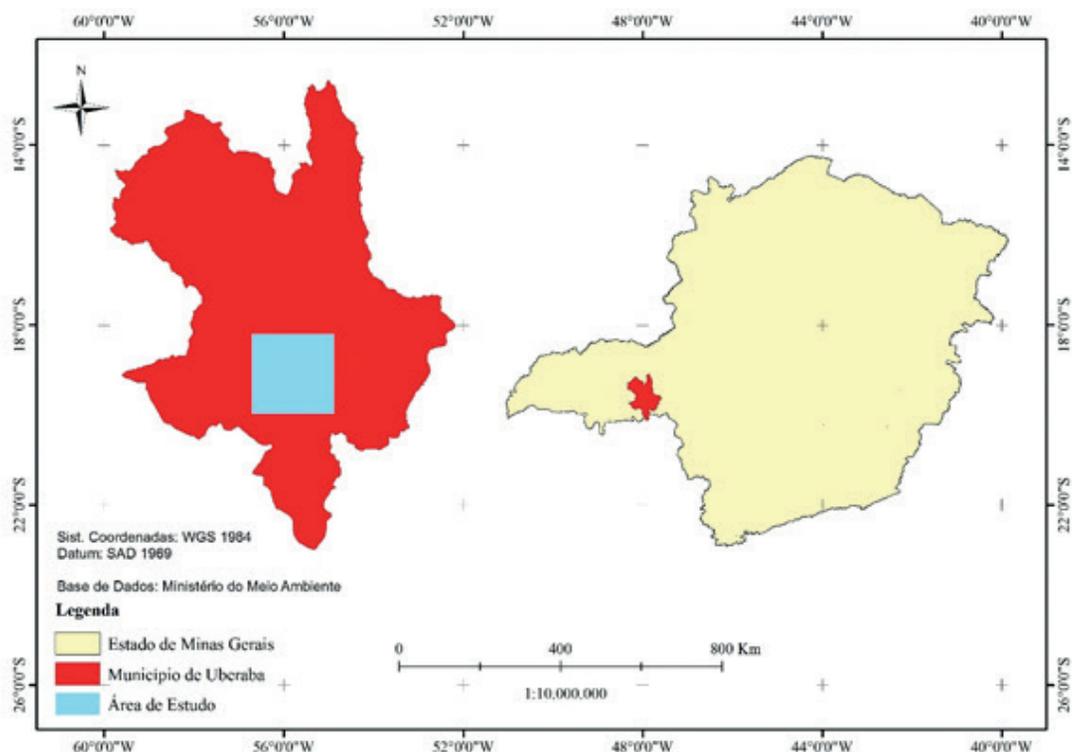
Foram utilizadas imagens de Satélite Landsat 5, Sensor *Thematic Mapper* (TM), com passagem pela órbita/ponto 220/074, fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e dados da Estação Climatológica Uberaba-MG (OMM: 83577), conveniada com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As imagens digitais são datadas em 10 de agosto de 1985 e 18 de agosto de 2011, por se tratarem de períodos distintos, capazes de refletir a transformação da paisagem local em cerca de 26 anos. A opção pelo mês de agosto se justifica por estar contido na estação de

inverno/seca no Hemisfério Sul, caracterizado por pouca formação nebulosa e índices pluviométricos reduzidos.

Área de estudo

A Área de estudo localiza-se na região urbana e periurbana (zonas rurais) da cidade de Uberaba, destacada na Figura 1, situada na microrregião do Triângulo Mineiro no Estado de Minas Gerais, em Latitude Sul 19°45'27" e Longitude Oeste a 47°55'36". O município ocupa uma área física total de 4.524 km², dos quais 256 km² são ocupados pelo perímetro urbano, sua sede está a 764 m de altitude.

Figura 1. Localização do Município de Uberaba e Área de Estudo



Fonte: Elaboração do autor

Uberaba possui aproximadamente 296 mil habitantes, sendo definida como cidade de médio porte (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2018). Estima-se que a partir de 2018 a população ultrapasse 330 mil habitantes.

Ribeiro (2014) caracteriza a geomorfologia de Uberaba (MG) pela presença de chapadões, escarpas e topos arredondados, em um contexto de planalto de altitude, também denominado Planalto de Bacia Geológica do Paraná - Sub-Bacia Bauru. A pedologia é composta predominantemente por textura média, que varia de argiloso a arenoso e classifica-se, de forma geral, como latossolo de diferentes graus de fertilidade (CRUZ, 2003).

Sob o aspecto hidrológico, o município é constituído pelas Bacias dos rios: Claro, Grande, Tijuco e Uberaba; este último é o manancial superficial utilizado como fonte principal de captação de água para o abastecimento da população (RIBEIRO, 2014).

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Minas Gerais, a região de Uberaba é classificada como “Aw”, isto é, clima tropical de savana com temperatura média no verão de 24,4 °C e estação seca no inverno com média de 22 °C (SÁ JÚNIOR, 2009).

A região de estudo definida pela área periurbana da cidade foi determinada por um raio de aproximadamente 10 km a partir da localização da Estação Meteorológica Uberaba localizada nas dependências da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), nas coordenadas de Latitude 19°59'S, Longitude 47°53'W e altitude de 742,9 metros (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES, 2003). Adotaram-se as orientações de representatividade de observações meteorológicas do Guia de Instrumentos Meteorológicos e Métodos de Observação (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION -WMO, 2008).

Após a definição da área de estudo, realizou-se o tratamento e processamento das imagens digitais por meio de procedimentos, tais como:

- I. ortorretificação;
- II. classificação supervisionada das imagens;
- III. conversão de números digitais em valores de radiância;
- IV. determinação da TSA a partir da banda termal por meio de operações aritméticas com imagens.

Para a realização desses procedimentos foi adotado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS 10.

Processo de ortorretificação das imagens

O processo de ortorretificação consiste na transformação da projeção da imagem em visada ortogonal da superfície, com o propósito de remover os efeitos da distorção do terreno (OKEKE, 2006), cuja irregularidade dos relevos provoca efeitos indesejáveis na qualidade das feições das imagens. Para o procedimento de ortorretificação das imagens adotou-se o modelo por Transformação Projetiva. Coletaram-se 437 pontos de controle para a imagem referente ao ano de 1985 e 478 pontos para a imagem do ano de 2011. Os pontos foram coletados de modo automático e os valores do erro médio quadrático (*Root Mean Square*-RMS, expresso em unidades de referência das imagens - metros) foram de 0,95 m e 1,06 m, respectivamente.

Classificação das imagens

Produziu-se uma imagem colorida a partir de composição falsa cor com as bandas espectrais 3, 4 e 5, com 30 metros de resolução espacial, associadas respectivamente às cores vermelho, verde e azul (*Red, Green e Blue* - RGB). Por meio desta imagem, foi possível identificar cinco classes de cobertura do solo mais representativas para as datas analisadas, conforme a descrição:

- I. vegetação nativa representada por pixels com coloração verde escura, textura rugosa e forma geométrica irregular, que caracteriza matas/cerradão e matas de galeria ou ripária;
- II. cultura agrícola exibe pixels com coloração verde clara, verde escura e em tons de verde-amarelado, textura lixa em sua maioria, forma geométrica regular;

- III. pastagem apresenta pixels com coloração principalmente em tons de roxo, rosa e ciano, textura lisa em sua maioria e formação geométrica mista com tendência para o formato regular;
- IV. área urbana constituída por pixels com tonalidades roxa-avermelhada e magenta, com textura rugosa e formação geométrica mista;
- V. solo exposto formado por pixels de coloração branca e avermelhada, com textura lisa e formação geométrica predominantemente regular.

Para o procedimento de classificação adotou-se a abordagem supervisionada, na qual colecionaram-se amostras de treinamento das tipologias mencionadas e utilizou-se da regra de decisão pelo método estatístico da Máxima Verossimilhança Gaussiana (MAXVER).

Temperatura Superficial Aparente (TSA)

A banda espectral 6 com resolução espacial de 120 metros está compreendida na faixa do infravermelho termal no Landsat 5 - sensor TM. A partir dos seus números digitais (*Digital Number - DN*) submetidos a procedimentos de conversão, foram obtidos os mapas termais.

É possível converter valores de DN para graus Celsius em três etapas, a saber:

- I. converter valores de DNs para valores de radiância;
- II. converter valores de radiância para graus Kelvin;
- III. converter valores de graus Kelvin para graus Celsius.

Conversão de DNs para radiância

A Equação (1) emprega a conversão dos números digitais para valores de radiância, conforme:

$$CVR = G(CVDN) + B \quad (1)$$

Em que:

CV_R : valor da célula como Radiância;

CV_{DN} : valor da célula em números digitais;

G: ganho radiométrico específico por banda;

B - bias (ou *offset*): valor da tendência específica por banda.

Conversão de valores de radiância para graus Kelvin

Uma vez obtidos os valores de radiância foi aplicada a fórmula inversa da função de Planck (Equação 2) para convertê-los para valores de temperatura em graus Kelvin (CARVALHO et. al., 2013), como segue:

$$TK = K2 / \ln [(K1 * \epsilon) / (CVR) + 1] \quad (2)$$

Em que:

T_K : temperatura em graus Kelvin;

ϵ : emissividade (usualmente adotada no valor de 0,95).

Os valores das constantes de calibração K_1 e K_2 para o sensor TM são respectivamente 607,76 e 1.260,56 (COLL et al., 2010).

Conversão graus Kelvin para graus Celsius

Os valores de temperatura em graus Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,16), de forma a produzir a imagem de temperatura aparente de superfície em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) (COELHO; CORREA; NASCIMENTO, 2013). A Equação (3) a seguir apresenta a relação da temperatura em graus Celsius com a temperatura em graus Kelvin:

$$T_c = T_k - 273,16 \quad (3)$$

A resposta deste procedimento é a geração de mapas termais que representam a TSA por meio dos níveis de cinza. De acordo com CALLEJAS et al. (2011), é recomendável a correção atmosférica no tratamento da imagem; caso não ocorra, os valores de temperatura de brilho são subestimados entre 5 K e 10 K. Neste estudo, utilizou-se do modelo $\text{Cos}(t)$ proposto por Chavez (1996) para efetuar a correção atmosférica nas imagens. O método inclui um procedimento para estimar os efeitos da absorção por gases atmosféricos e espalhamento Rayleigh a partir do cosseno do ângulo zenital solar (IDRISI, 2009).

Resultados e discussão

Observa-se na Tabela 1 o resumo dos dados de Cobertura do Solo e TSA para os anos 1985 e 2011. Do ano de 1985 para o ano de 2011, ocorreram aumentos das áreas ocupadas pelas classes de Pastagem (+3,24%); solo exposto (+0,78%) e Área Urbana (+1,6%), esta última, associada a aproximadamente 296 mil habitantes (IBGE, 2010), ocupava, em 2011, área de 10.098 ha, o que representa 23,07% da área total.

Tabela 1. Análise da cobertura do solo e temperatura superficial parente (TSA)

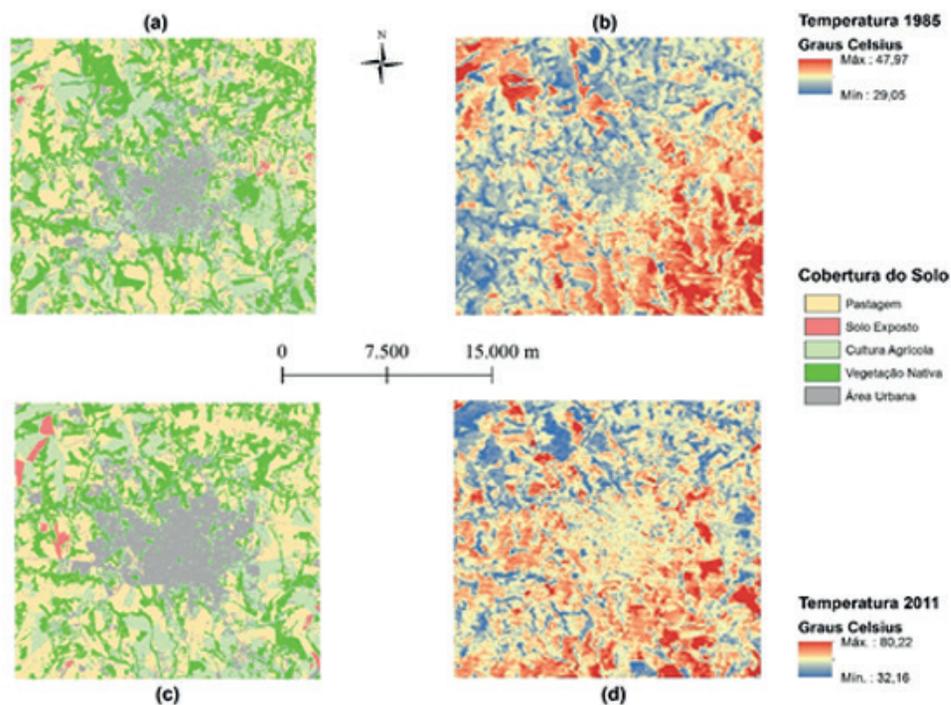
Classes de cobertura do solo	Área		Temperatura Superficial Parente – TSA												
	1985		2011				1985				2011				≠ TSA (°C)*
	ha	%	ha	%	Min. (°C)	Max. (°C)	Med	DP	Min. (°C)	Max. (°C)	Med	DP			
Pastagem	14.404	32,9	15.464	35,33	29,94	45,17	36,21	1,96	33,46	57,21	40,68	1,73	+4,47		
Solo exposto	214	0,48	552	1,26	31,27	39,43	36,48	1,20	35,62	47,57	41,20	1,5	+4,72		
Cultura agrícola	8.788	20,07	8.693	19,86	29,94	47,57	36,94	2,58	32,15	80,22	40,21	3,03	+3,27		
Vegetação nativa	10.962	25,04	8.958	20,46	29,05	47,96	35,38	2,23	32,59	78,53	38,91	2,42	+3,53		
Área urbana	9.397	21,47	10.098	23,07	29,94	47,17	36,08	2,11	32,15	80,22	40,97	2,21	+4,89		
Total ha (Σ)	43.767	99,99	43.767	99,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

≠ TSA(°C): TSA 2011 Méd – TSA 1985 Méd

Fonte: Elaboração do autor (2017).

Ao contrário de áreas que expandiram sua ocupação, a classe Vegetação Nativa (-4,58%) perdeu área para as demais classes, principalmente para urbanização. Da mesma forma, a classe cultura agrícola (-0,24%) teve áreas tomadas por pastagens e também área urbana, como ilustrado na Figura 2 (a) e (c).

Figura 2. Cobertura do Solo em 1985 (a) e em 2011 (c); imagem TSA em 1985 (b) e em 2011 (d)



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Em relação às imagens de TSA, as médias de temperatura das classes verificadas em 1985 e 2011 apresentaram aumento (TABELA 1).

Para o ano de 1985 não há dados da série histórica de registros climatológicos na estação meteorológica da região. Para a data de 18 de agosto de 2011, a análise sinótica indicava Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) longe do continente, o que favorecia a chegada de frentes frias. Entretanto, previa-se que a chegada de nuvens ocorreria nos dias subsequentes ao dia da tomada da imagem, assim, a massa de ar seco com baixa umidade dos dias anteriores ainda permaneceria no local (CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC, 2011). Os dados de insolação (10,4 un.) e umidade relativa (36,3 un.) obtidos da Estação Climatológica (OMM: 83577) complementaram a informação da ocorrência de massa seca, com alta incidência de radiação e baixa umidade. As condições climatológicas registradas pela Estação apontavam média diária de 23,3 °C, com mínima de 15,2 °C, máxima de 32,7 °C e amplitude térmica de 17,5 °C. A imagem de TSA registrou média de 40,3 °C, enquanto a Estação Climatológica registrou média de 23,3 °C, uma diferença de 17 °C entre as temperaturas. A amplitude térmica da TSA demonstra que normalmente as temperaturas apresentam-se mais elevadas em comparação às observadas nas estações meteorológicas. Isto ocorre devido à TSA ser mensurada a alguns metros acima da superfície e o ar ser considerado um condutor de calor de baixa eficiência (PEREIRA et al., 2012), dado que a temperatura quantificada pelo satélite é a temperatura radiante da superfície (COELHO; CORREA, 2013). Obser-

vou-se cerca de 4,32 ha (3 pixels da banda termal) em área de cultura agrícola que apresentaram valores de temperatura na ordem de 80 °C, o que provocou aumento da temperatura média para a data de 2011. Silva et al. (2016), em estudo de mudança da cobertura do solo a partir de imagens do sensoriamento remoto na região, verificaram que a cana de açúcar é uma cultura agrícola predominante na região mencionada. Acreditamos que esse valor elevado de temperatura em cobertura do solo tipo cultura agrícola seja em decorrência de queimadas.

A cobertura do solo apresenta padrões de comportamento diferenciados de absorção de energia, produção de calor e reflectância (PEREIRA et al., 2012). Áreas com vigor vegetativo protegem o solo da incidência direta de radiação e, para Callejas et al. (2011), além de alterarem a temperatura e a umidade do ar, também influenciam a direção dos ventos, filtragem de poluentes e proteção por sombreamento.

Ao considerar a cobertura do solo em 1985 e 2011 em Uberaba, o processo de urbanização seguiu principalmente os eixos de desenvolvimento nas direções leste e oeste, com a criação de conjuntos de bairros habitacionais. Adicionalmente, verificou-se adensamento da ocupação dos bairros e de dois distritos industriais próximos à cidade na direção norte. Nota-se que a coloração cinza que representa a classe Área Urbana em 2011 (FIGURA 2c) mostra-se mais sólida em comparação a 1985 (FIGURA 2a), o que se explica pela ocupação dos vazios urbanos no período. O adensamento da malha urbana incentivou a retirada dos resquícios vegetais que, em 1985, apresentavam-se mais espalhados pela cidade. Para Cruz (2003), com o crescimento das atividades econômicas regionais, principalmente a agropecuária, a vegetação nativa foi substituída por pastagens, o que tornou a criação de gado Zebu e a agricultura de ciclo curto muito comuns na região.

Em relação às temperaturas associadas à cobertura do solo, a classe Pastagem apresentou aumento de +4,47 °C. Fatores como a biomassa seca no mês de agosto, a diminuição da evapotranspiração, o aumento do calor sensível e a falta de comportamento térmico regulador (SOUZA et al., 2012) provavelmente influenciaram o aumento da temperatura da classe.

A classe Vegetação Nativa registrou elevação de +3,53 °C. Menores valores de temperatura estão associados às coberturas do solo que não retêm o calor e refletem parte da radiação incidente, de modo que a parte absorvida ainda interage com o processo de fotossíntese e, assim, promove o resfriamento da área (MASHIKI, 2012). Em ambas as datas, a classe com menor temperatura média foi Vegetação Nativa com 38,91 °C em 2011 e 35,38 °C em 1985.

As Culturas Agrícolas exibiram aumento de +3,27 °C e redução de aproximadamente 0,24% da superfície ocupada entre as datas e apresentaram a menor variação de temperatura com 3,27 °C e aumento de 2,21 °C nas mínimas registradas. Em 2011, algumas amostras de Culturas Agrícolas utilizavam mecanismos de irrigação tipo pivô central, que promovem alto teor de umidade nesses locais, o que caracteriza fator atenuante às TSAs. Por este motivo, a TSA média para a classe Cultura Agrícola foi a segunda menor entre as médias, com 40,21 °C.

A classe Solo Exposto exibiu aumento de +4,72 °C, explicado pelo período do ano em que é realizada a colheita e a preparação do solo para o cultivo de cana-de-açúcar (mês de agosto); isso faz com que boa parte da área, outrora cultivada, apresente-se em solo sem cobertura vegetal (PEREIRA et al., 2012). A classe praticamente dobrou sua área ocupada em 2011, se comparada a 1985, com as maiores médias de temperatura verificadas entre todas as classes analisadas. O solo exposto sem cobertura vegetal possui alta amplitude térmica porque se aquece rapidamente durante o período de exposição solar, conseqüentemente, eleva a temperatura durante o dia, o que promove o aumento da irradiação de calor e da temperatura em seu entorno (MASHIKI, 2012).

A classe Área Urbana apresentou aumento de +4,89 °C. O crescimento urbano favoreceu o aumento da área irradiada devido a materiais que promovem a retenção de calor. A temperatura média registrada na classe em 1985 foi 36,08 °C e em 2011 40,97 °C. A temperatura máxima no valor de 80,22 °C registrada para a classe Área Urbana localiza-se em área ocupada por cana-de-açúcar, provavelmente em virtude de alguma inconsistência no processo de classificação automática da imagem. De modo geral, os valores elevados de temperatura em área urbana ocorrem em função dos usos e coberturas que predominam nesses ambientes, como asfalto, concreto, telhas de amianto, entre outros (COELHO; CORREA, 2013). Assim, a classe apresentou a maior diferença de TSA média (+4,89 °C). A condição sinótica que se apresentava no dia da tomada da imagem em 2011 favoreceu a incidência solar, que serviu para as superfícies conservadoras de calor, como solo exposto e materiais urbanos, exibirem temperaturas mais elevadas.

Conclusões

As classes de cobertura do solo referentes ao ano de 2011 apresentaram aumentos significativos de TSA, provavelmente por: i) presença de massa de ar seco; ii) baixa umidade relativa do ar; iii) elevada incidência solar no dia da tomada da imagem. Os maiores valores de TSA destacaram-se para as classes solo exposto e área urbana, decorrentes do aquecimento térmico e da conservação do calor dos materiais que os constituem. Entretanto, o oposto ocorreu nas classes com cobertura vegetal tipo cultura agrícola e vegetação nativa, necessárias para a amenização do microclima. Deste modo, conclui-se que a temperatura da superfície do solo está associada às alterações de sua cobertura, o que interfere no microclima da região. Portanto, o planejamento da expansão urbana de cidades localizadas em região de Cerrado deve considerar os diferentes tipos de cobertura do solo de modo a priorizar a manutenção de vegetação nativa para fins de melhor conforto térmico, sobretudo em zonas residenciais.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fornecimento das imagens do satélite Landsat 5 utilizadas neste estudo e ao Centro de Educação e Tecnologia Ambiental (CETA), localizado em Uberaba (MG), para utilização do SIG ArcGIS.

Relationship between soil cover and soil temperature in a peri-urban region of Cerrado

Abstract

Soil cover is associated to the surface temperature; hence, changes in soil alter the microclimate due to electromagnetic radiation emission in thermal bandwidth. This study analyzed the relationship between soil cover and Apparent Surface Temperature (AST) in a periurban area of Cerrado through satellite imagery analysis. Digital Image Processing procedures such as supervised classification were used to identify soil cover categories, and arithmetic operations were applied to generate surface temperature imagery measured in Celsius. Temperature and soil were evaluated in two distinct dates:

1985 and 2011. The results indicated Pasture as the largest soil cover class among the five studied groups in 1985, occupying about 50 % of the entire area. From 1985 to 2011, it was verified an increase in the urban area and in the area occupied by Pasture and Native vegetation; there was reduction for Soil and Agriculture classes. The mean temperature value for the classes have significantly increased according to the Apparent Surface Temperature (AST) imagery. The mean differences to each class were: Pasture (+4.47°C), Native Vegetation (+3.53°C), Urban Area (+4.89°C), Soil Exposure (+4.72°C) and Agriculture (+3.27°C). The highest AST values occurred for Soil and Urban classes, while the lower ones for vegetative cover classes such as agriculture and vegetation.

Keywords: Remote sensing. Apparent Surface Temperature. Landscape Change.

Referências

ALVES, H. P. F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto.** 2004, 294 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2004.

BAPTISTA, G. M. M. Sensores Imageadores na Faixa do Termal (8 -14 micrometros). In: MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução ao processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Brasília: UnB, 2012. 260-266 p.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. **Mercator**, v. 10, n. 23, p. 207-223, set./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/579>>. Acesso em: 08 jul 2018.

CARVALHO, D. L. R.; SOARES, C. B. S. S.; SILVA, M. M. Identificação das Ilhas de Calor Urbana na Cidade de Manaus-AM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013, p. 874-881. v. 16.

CHAVEZ, P. S. Image-Based Atmospheric Corrections – Revisited and Improved. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 62, n. 9, p. 1025-1036.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **Análise Sinótica de Superfície do dia 18/08/2011.** São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<https://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de Superfície Celsius do sensor TIRS/LANDSAT-8: Metodologia e Aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/rga/article/viewFile/2996/1733>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C.; NASCIMENTO, F. H. Uso de produtos de sensoriamento remoto para a classificação e análise de temperaturas de superfície no município de Vila Velha/ES (Brasil). **Geofocus: (Informes y Aplicaciones)**, Madrid, v. 13, n. 1, p. 61-76, 2013. Disponível em: <<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/279>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

COLL, C.; GALVE, J. M.; SÁNCHEZ, J. M.; CASELLES V. Validation of Landsat-7/ETM+ Thermal-Band Calibration and Atmospheric Correction with Ground-Base Measurements. **IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.**, v. 48, n. 1, p. 547–555, 2010. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5208377>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

CRUZ, L. B. S. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba-MG**. 2003, 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2003, Campinas.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE cidades: UBERABA-MG**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

IDRISI V.16.03: **Idrisi Project** [S. I.]. Clark Labs, Clark University, 2009.

JENSEN, J. R. Remote Sensing of the environment: an earth resource perspective. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. Cap 1. 1-36 p.

LEITE, M. R.; BRITO, J. L. S. Sensoriamento Remoto aplicado à análise temporal da relação uso da terra/ temperatura e albedo de superfície na Bacia do Rio Vieira no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 10, n. 8, p. 98-120, 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/30590>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

MASHIKI, M. Y. **Geoprocessamento na identificação de Ilhas de Calor e Influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Botucatu (SP), 2012.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 3rd. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. 324 p.

NASCIMENTO, D. T. F.; SOUZA, S. B.; OLIVEIRA, I. J. A relação entre os valores de temperatura superficial terrestre (TST), o uso e cobertura do solo e a topografia no município de Minaçu-GO (2001). **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 93-107, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/xmlui/handle/ri/195>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

OKEKE, F. I. **Review of Digital Image Orthorectification Techniques**. 2006. Disponível em: <<https://www.geospatialworld.net/article/review-of-digital-image-orthorectification-techniques>>. Acesso em: 01 maio 2017.

PEREIRA, C. C. MARIANO, Z. F. WACHHOLZ, F. CABRAL, J. B. P. Análise da Temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 1243-1255, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2576>>. Acesso em: 01 maio 2017.

RIBEIRO, L. C. B. **Geoparque Uberaba: terras dos Dinossauros do Brasil**. 2014. 214 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), 2014.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da Classificação de Koppen para o Zoneamento Climático do Estado de Minas Gerais**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras (MG), 2009.

SILVA, E. R. da; PEREZ, B. C. O.; SILVA, R. C. F. da; FRANCHI, T.; ABREU, M. T. C. L.; ASSIS, L. C. Análise do uso e ocupação do solo de uma comunidade rural no Cerrado brasileiro: a baixa (Uberaba/MG). In: 10º ENTEC: ENCONTRO DE TECNOLOGIA, 2016, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Minas Gerais, 2016.

SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade Temporal da precipitação mensal e anual na Estação Climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 665-674, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542003000300023&script=sci_abstract&tlng=pt >. Acesso em: 08 jul. 2018.

SOUZA, S. B.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **Raega: o espaço geográfico em análise**, v. 26, p. 75-99, dez. 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/30151>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation Chairperson**, cap. 7, p. 17 – 40, Geneva: Chairperson, 2008. Disponível em: <<https://www.weather.gov/media/epz/mesonet/CWOP-WMO8.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

ZHAO, L. LEE, X. SMITH, R. B. OLESON, K. Strong contributions of local background climate to urban heat. **Nature**, v. 511, p. 216-219, Jul. 2014. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature13462>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

Submetido em: 10/05/2017.

Aceito em: 24/11/2017.

Como citar:

ABNT

SILVA, R. C. F.; LOPES, C. S.; OLIVEIRA, F. G.; FERNANDES, A. L. T.; ASSIS, L. C. Relação entre cobertura e temperatura do solo em região periurbana do Cerrado. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 4, p. 127-140, dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181221>

APA

SILVA, R. C. F., LOPES, C. S., OLIVEIRA, F. G., FERNANDES, A. L. T. & ASSIS, L. C. (2018). Relação entre cobertura e temperatura do solo em região periurbana do Cerrado. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (4), 127-140. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181221>

ISO

SILVA, R. C. F.; LOPES, C. S.; OLIVEIRA, F. G.; FERNANDES, A. L. T. e ASSIS, L. C. Relação entre cobertura e temperatura do solo em região periurbana do Cerrado. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 4, pp. 127-140. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181221>

VANCOUVER

Silva RCF, Lopes CS, Oliveira FG, Fernandes ALT, Assis LC. Relação entre cobertura e temperatura do solo em região periurbana do Cerrado. *Rev agrogeoambiental*. 2018 dez.; 10(4): 127-140. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181221>