

A influência do uso da terra na temperatura da superfície terrestre em regiões administrativas do município de Cariacica (ES) em 2013

Rafael Justino de Jesus¹
André Luiz Nascentes Coelho²

^{1,2} Universidade Federal do Espírito Santo
Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFES
Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias
Av. Fernando Ferrari, 514 - 29075-973 - Vitória - ES, Brasil
just_rafael@yahoo.com.br; alnc.ufes@gmail.com

Abstract. This research goal is to evaluate the behavior of the Land Temperature Surface identified in the administrative regions 3, 4, 5 and 6 of the city of Cariacica-ES in 2013. This process is accomplished through the orbital remote sensing images, especially of the TIR sensor of the Landsat satellite-8. The results of the mapping of the Land Temperature Surface were correlated with the map of use and coverage of the Earth by the automatic classifier MAXVER showing close association between the warmer areas with Urban classes and Grassland/Soil Exposed. Already the class vegetation cover was the one that showed the lowest Land Temperature Surface around the cutout space, being the responsible for the areas of greater freshness front of context found. In this sense, this research shows how disseminator of geotechnologies and Remote Sensing in subsidy to urban climate studies.

Palavras-chave: remote sensing, land temperature surface, use and land cover, Cariacica, sensoriamento remoto, temperatura da superfície terrestre, uso e cobertura da terra, Cariacica.

1. Introdução

É no espaço urbano onde se presencia de forma mais intensa a interação entre o homem e a natureza, principalmente com relação à forma como o espaço é organizado. Lombardo (1985:17) destaca que a “cidade caracteriza-se, por ser a maior expressão social do espaço produzido, transformada e adaptada para atender as necessidades dos seres humanos”.

Todavia, tanto em contexto brasileiro quanto em muitos países em vias de desenvolvimento são encontrados situações relacionadas a uma urbanização que não é em sua totalidade orientada com planejamento social, econômico e principalmente ambiental (MONTEIRO, 1976; 2003; LOMBARDO, 1985). Parte considerável dos impactos de ordem ambiental está associada com os processos de supressão da Cobertura Vegetal e a inserção de materiais impermeáveis e de elevada capacidade térmica como o asfalto e o concreto contribuindo em alterações da Temperatura do Ar – TA nas proximidades da superfície e também da Temperatura da Superfície Terrestre – TST emitida através da Radiação Eletromagnética – REM pelos distintos objetos assentados no espaço.

Dentro deste contexto, as informações oriundas do Sensoriamento Remoto - SR podem contribuir no levantamento de dados acerca do uso e cobertura da terra possibilitando uma gama de subsídios ao estudo do clima urbano ao nível local e regional de determinada unidade espacial (MONTEIRO, 1990) quando forem correlacionadas com a TST, pois conforme também orienta Collischonn (1998; 2005) os mapas termais mensurados pelo SR permitem relacionar as diferenças da TST com o uso e cobertura da terra. Assim, e levando em consideração que a camada de ar junto ao solo está relacionada com a superfície (COLLISCHONN, 2005), os canais termais e os mapas de TST tornam-se ferramentas auxiliares importantes para a climatologia urbana local.

Neste sentido este artigo tem por objetivo geral realizar uma avaliação do comportamento da TST encontrada nos bairros que compõem as regiões administrativas 3,4,5 e 6 do município de Cariacica, utilizando o canal infravermelho termal (banda 10) do *Landsat-8* para

o período sazonal do inverno de 2013, correlacionando tais comportamentos frente ao uso e cobertura da terra ali presente. Como objetivos específicos pretendem-se: Cartografar a TST a partir das fórmulas de coeficientes de calibração radiométrica (CHANDER et al., 2009; USGS, 2015), Temperatura de Brilho (CHANDER et al., 2009; USGS, 2015) e a Temperatura da Superfície Terrestre (COLLISCHONN, 1998; SILVA, 2014); Cartografar o uso e cobertura da terra a partir do classificador automático e híbrido MAXVER e Comparar o uso e cobertura da terra com a intensidade da TST.

2. Metodologia de Trabalho

Inicialmente pautou-se na sistematização dos planos de informações (limite municipal e limite de bairros) e também no levantamento das imagens do satélite *Landsat-8*, com data de passagem em 27/08/2013, com horário GMT de 12:47:04, de órbita 215 e ponto 74, distribuído gratuitamente pelo Serviço Geológico Americano – USGS, através do sítio: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. As cenas foram recortadas no limite dos bairros que compõem as regiões administrativas utilizadas e reorientadas para o Datum SIRGAS-2000 Zona 24 Sul/projeção UTM. Destaca-se que os mapeamentos e procedimentos metodológicos foram processados no *software* ArcMap 10.4 e adotou-se uma padronização cartográfica (FITZ, 2008).

Os procedimentos metodológicos iniciaram-se através da composição de bandas a partir da sobreposição dos canais 3, 4, 5, atribuindo a composição falsa cor vermelha (R5, G4, B3). O mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado por meio da classificação supervisionada MAXVER – que se baseia na retirada de informações “pixel-pixel” com a intenção de encontrar e classificar regiões com características espectrais homogêneas (RENNÓ, 1998; FITZ, 2008). A classificação foi feita a partir das seguintes etapas: Vetorização de áreas de treinamento (IBGE, 2013) tendo como classes de uso e cobertura da terra: Cobertura Vegetal, Malha Urbana e Pastagem/Solo Exposto.

Já o mapeamento da TST foi feito a partir de duas etapas. A primeira contemplou os processos de calibração radiométrica e temperatura de brilho (CHANDER et al., 2009; USGS, 2015) e a segunda pautou-se especificamente na obtenção da TST a partir da consideração do fator emissividade sobre a temperatura de brilho. A segunda etapa foi feita conforme indicação de Collischonn (1998) e Silva (2014).

Conforme USGS (2015), a calibração radiométrica é feita a partir da Equação 1, e a Tabela 1 apresenta os valores que foram utilizados no procedimento da calibração radiométrica.

$$L\lambda = (G_{rescale} * Q_{cal}) + B_{rescale} \quad (1)$$

Onde: $L\lambda$ – Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts; $G_{rescale}$ – Fator multiplicativo de redimensionamento da imagem termal; Q_{cal} – Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN (imagem termal); $B_{rescale}$ – Fator de Perda de redimensionamento específico da banda em Watts.

Tabela 1. Valores utilizados na calibração radiométrica.

Banda	Canal espectral μm	$G_{rescale}$ (W/ m ² sr μm / DN)	$B_{rescale}$ W/(m ² sr μm)
10	10.60 – 11.19	3.3420E-04	0.10000

Fonte: (USGS, 2015).

Após a calibração radiométrica é feito o processo de obtenção da temperatura de brilho, que assume a superfície terrestre como um corpo negro e com emissividade espectral igual a 1 (CHANDER et al., 2009). Esta etapa é feita a partir da Equação 2 com valores indicados pela Tabela 2.

$$T_b = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

Onde: T_b = temperatura de brilho; $K2$ = constante de calibração 2 (Kelvin); $K1$ = constante de calibração 1 em $W/(m^2.sr.\mu m)$; L_λ = radiância espectral do sensor em unidade em $W/(m^2.sr.\mu m)$; \ln = logaritmo natural¹

Tabela 2. Valores utilizados para a obtenção da temperatura de brilho.

Satélite	K1 W/(m ² sr μm)	K2 (Kelvin)
Landsat-8	774.89	1321.08

Fonte: (USGS, 2015).

Por fim, utiliza-se a Equação 3 para a obtenção da TST, considerando um valor de emissividade menor do que 1, sendo adotado 0,92, de igual modo verificado em Collischonn (1998) e Silva (2014).

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda_6 T_b}{a}\right) \ln \varepsilon} \quad (3)$$

Onde: T_s = Temperatura da Superfície; T_b = temperatura de brilho; λ = comprimento de onda médio da banda termal; $a = hc/\sigma$ (1.438×10^{-2}); \ln = logaritmo natural; ε = emissividade da superfície; h = constante de Planck (6.28×10^{-34} J/seg); c = velocidade da luz (2.998×10^8 m/seg); σ = constante de Stefan-Boltzmann (1.38×10^{-23} J/K)²

3. Resultados e Discussão

O recorte espacial está inserido dentro Cariacica (Figura 1), município que possui uma área de 279,65 km² e de acordo com a estimativa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em julho de 2015, conta com uma população de 381.802 habitantes. É dividido em 13 regiões administrativas, faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória – RMGV, juntamente com Domingos Martins, Santa Leopoldina, Serra, Viana, Vila-Velha e Vitória e é cortada por importantes estruturas viárias como a BR-262; BR-101 e a estrada de ferro Vitória-Minas.

Os bairros que compõem as regiões administrativas utilizadas como recorte espacial do estudo fazem parte da unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros (RADAMBRASIL, 1983). Ela se caracteriza como a principal unidade de assentamento da Malha Urbana, pois conforme exprime Bergamim (2012:5) ela está “predominantemente no perímetro urbano

¹ Os valores e a Equação 2 foram extraídos de Chander et al. (2009:900 e 901).

² Os valores e a Equação 3 foram extraídos de Silva (2014:91 e 92).

encontra-se densamente ocupado pelas atividades humanas e conseqüentemente é uma região bastante impactada”.

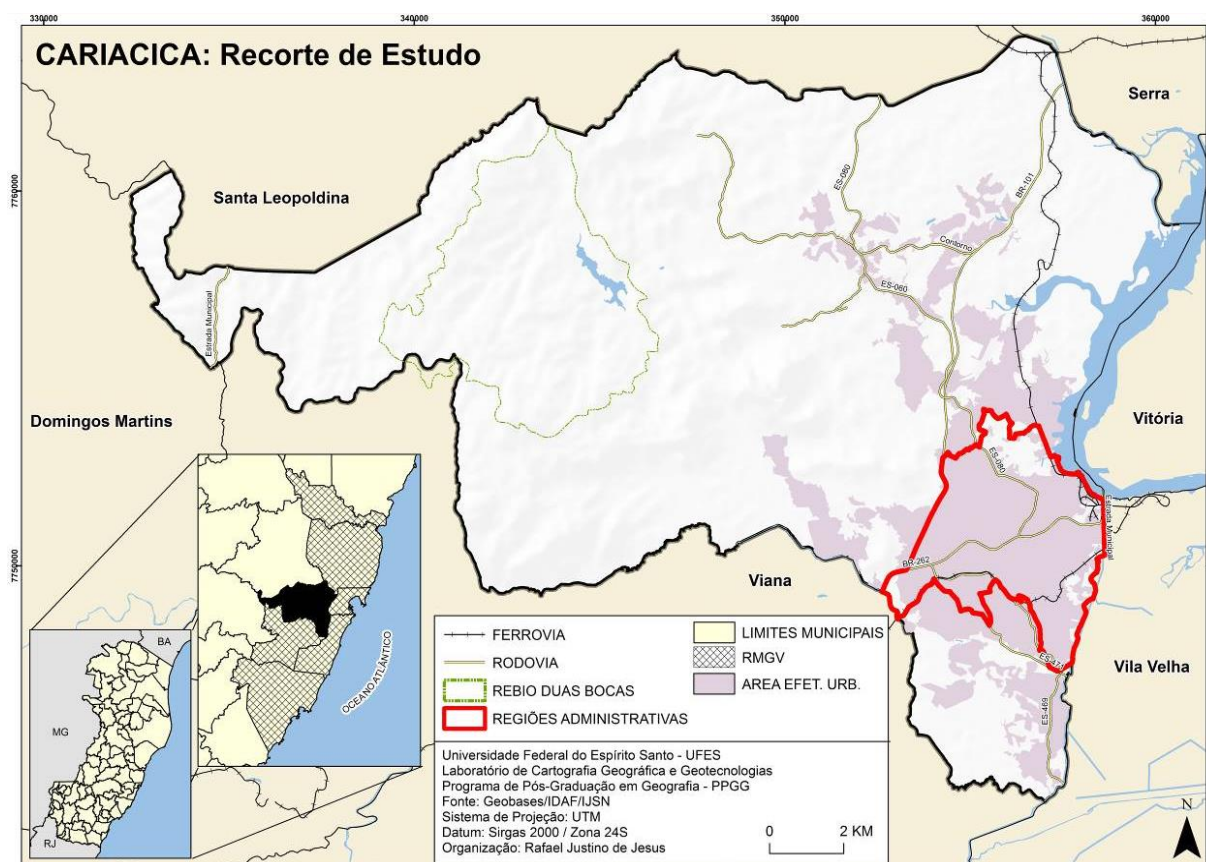


Figura 1. Localização do município de Cariacica. Organização: Rafael J. de Jesus.

O mapa contendo o uso e cobertura da terra e a TST dos bairros situados nas regiões administrativas 3,4,5 e 6 do é exibido pela Figura 2. Ela mostra que durante a passagem do satélite Landsat-8 no dia 27/08/2013 foi registra do uma amplitude térmica de superfície de 5,6°C com TST mínima de 21,5°C e uma máxima de 27,1°C agrupadas entre os intervalos da TST proposto para esta pesquisa como $\leq 21,0^{\circ}\text{C}$; $21,1^{\circ}\text{C} - 22,0^{\circ}\text{C}$; $22,1^{\circ}\text{C} - 23,0^{\circ}\text{C}$; $23,1^{\circ}\text{C} - 24,0^{\circ}\text{C}$; $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$.

Nota-se que a área do recorte espacial é tomada majoritariamente pela classe Malha Urbana seguida pela Pastagem/Solo Exposto e pela classe Cobertura Vegetal. Tais comportamentos refletem de sobremaneira nos resultados da mensuração da TST que foram encontrados, pois é constatada a existência de uma continuidade poligonal que representa o conjunto dos valores mais elevados da TST, que por sua vez encontram-se e assinalam com muita precisão o entorno principal das áreas efetivamente cortadas pela BR-262, que é a principal estrutura viária de Cariacica e detém nos arredores a maior densidade de ocupação residencial e de comércio e serviços – quando se compara com outras posições municipais, mantendo dentro de seu limite a principal centralidade de Cariacica e uma das principais centralidades da RMGV.

Verifica-se que o intervalo da TST de maior destaque é aquele situado entre $24,1^{\circ}\text{C} - 25,0^{\circ}\text{C}$ e principalmente os polígonos que inferiram os valores $\geq 25,1^{\circ}\text{C}$. Tal resultado decorre do intenso adensamento urbano encontrado nestas regiões administrativas, principalmente pelo fortalecido centro comercial presente no bairro Campo Grande, pelo mais novo empreendimento comercial instalado no bairro São Francisco, reforma, ampliação e inauguração do estádio futebolístico Kléber Andrade no bairro Rio Branco a difusão de

residências nos moldes de condomínios fechados em diversas partes do recorte espacial como nos bairros Campo Grande (Figura 3), Rio Branco, Vera Cruz e São Conrado. São ali encontradas também algumas áreas que indicaram os valores de 22,1°C – 23,0°C – associados à classe Cobertura Vegetal e aqueles situados em 23,1°C – 24,0°C encontrados preponderantemente nas margens dos polígonos de valor mais elevado, podendo indicar possíveis e futuras transformações em função da contínua consolidação da classe Malha Urbana, principalmente nas áreas onde ainda são registrados os processos de assentamento das áreas residenciais

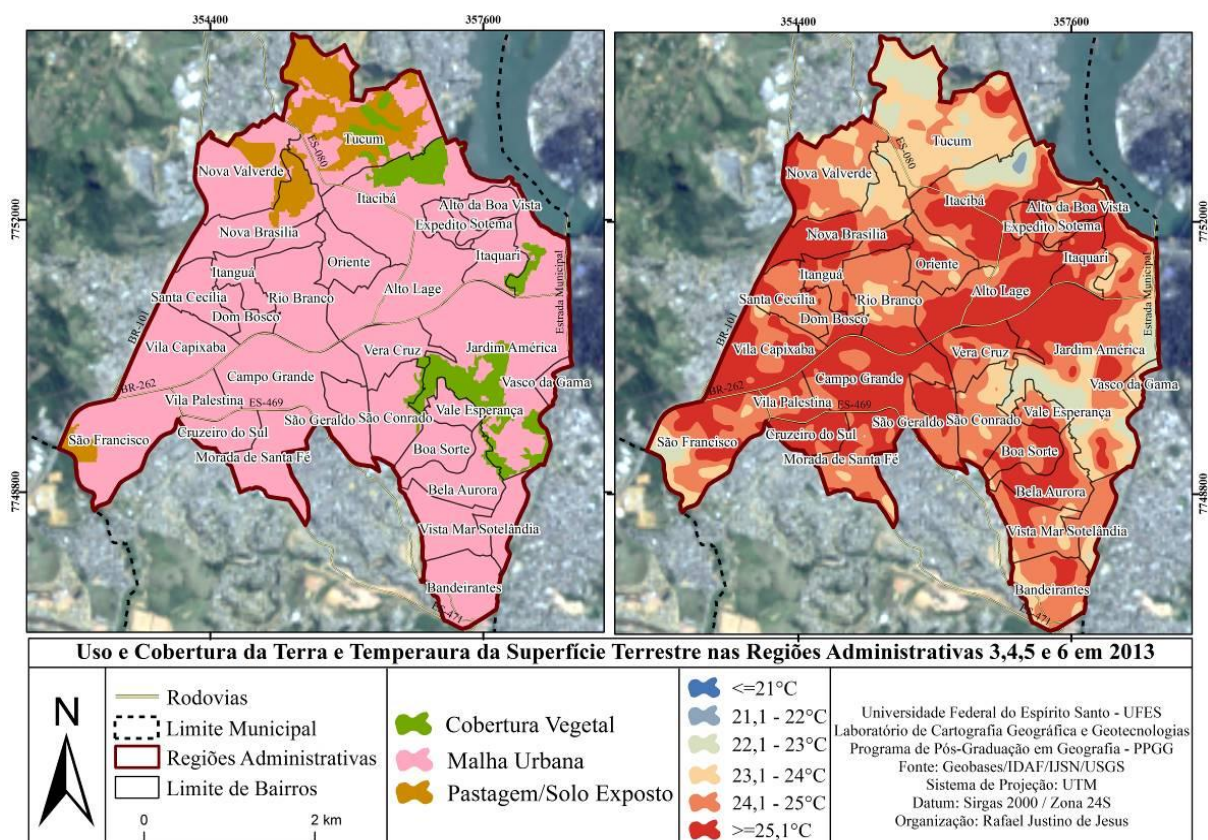


Figura 2. Uso e cobertura da terra e a TST nos bairros das regiões administrativas 3,4,5 e 6.



Figura 3. Galpões comerciais e condomínio fechado nas margens da BR-262 nas imediações dos bairros Campo Grande e Rio Branco. Fonte: Acervo pessoal do autor.

A classe Pastagem/Solo Exposto é verificada de maneira mais abrangente no bairro Tucum. Este comportamento mostra que ainda em 2013 existe uma estrutura urbana que apresenta baixo adensamento residencial, marcado, sobretudo pelos espaços livres com algum capeamento vegetal, glebas em processo de consolidação e construções inacabadas. Assim, esta classe exibe uma TST cujo intervalo situa-se em 22,1°C – 23,0°C e 23,1°C – 24,0°C, mostrando um caráter mais heterogêneo frente aquele visto para a classe Malha Urbana.

Já a classe Cobertura Vegetal também apresenta-se através de pequenos e pontuais polígonos distribuídos ao longo das regionais sem um processo de continuidade, o que revela os constantes processos de supressão em função da ampliação da Malha Urbana ou até mesmo a sua substituição para a entrada da classe Pastagem/Solo Exposto. Todavia é a classe de uso e cobertura da Terra que registra os menores valores da TST em toda a área, compondo os intervalos de 21,1°C – 22,0°C e principalmente 22,1°C – 23,0°C e que por sua vez promovem as áreas mais amenas frente ao contexto de elevada TST na qual é envolvida.

3.1 Associações entre o uso e cobertura da terra e a TST

A Figura 4 apresenta as relações estatísticas através da associação das classes de uso e cobertura da terra e a intensidade da TST encontrada para cada uma delas.

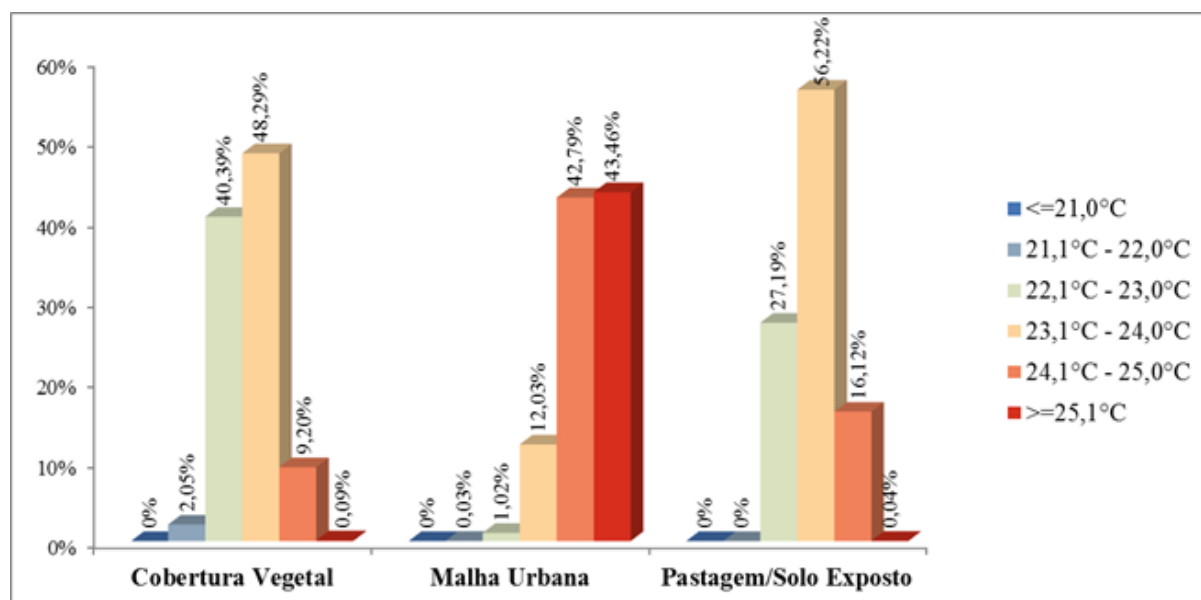


Figura 4. Percentuais entre o uso e cobertura da terra e a TST.

A classe Cobertura Vegetal é aquela que apresenta os menores registros da TST, representando 48,29% de participação no intervalo de 23,1°C – 24,0°C e 40,39% naquele situado em 22,1°C – 23,0°C. Comparando com os estudos levantados por Coelho, Ramos e Bergamashi (2015) verificou-se que elas apresentam uma TST mais elevada do que a mesma classe encontrada nas áreas interioranas e de topográfica acidentada. Este resultado tende estar associado ao nível de supressão da Cobertura Vegetal dentro da área urbana e também por conta de características a nível espectral.

Já a classe Malha Urbana é aquela que registra maior associação aos intervalos mais quentes na TST, pois está associada a 42,79% para 24,1°C – 25,0°C e 43,46% de participação nos intervalos >=25,1°C, somando juntos, uma participação de 86,25% nos dois intervalos da TST mais elevado. O esclarecimento de tal comportamento tende a estar ligado a uma série de perspectivas como a presença de materiais não porosos como o asfalto, concreto, telhas metálicas ou de fibrocimento que por sua vez apresentam baixa emissividade e elevada TST, além disto, o recorte de estudo é marcado por uma área altamente adensada e que apresenta

elevada circulação de veículos frente à presença das principais rodovias existentes no Estado do Espírito Santo como a BR-262 e a BR-101.

A classe Pastagem/Solo Exposto exibiu um comportamento bastante heterogêneo com relação a TST. Esta classe apresenta 27,19% de participação no terceiro intervalo mais ameno da TST (22,1 – 23,0°C). Este comportamento pode relacionar-se com a presença de um capeamento vegetal (Pastagem) que por sua vez mensuram TST mais amenas. Já as porcentagens de 56,22%, 16,12% e 0,04% estão associadas respectivamente aos intervalos de temperatura situados entre 23,1°C – 24,0°C; 24,1°C – 25,0°C e $\geq 25,1^\circ\text{C}$ e que por sua vez podem relacionar-se ao processo do aumento de solo estritamente exposto.

4. Conclusões

Constatou-se que a classe Cobertura Vegetal é aquela que apresenta as TST mais amenas que está associada a suas características naturais como maior inércia térmica. A Pastagem/Solo Exposto exibe uma conduta de caráter heterogêneo que por sua vez pode estar associada ao nível de sua cobertura.

A classe Malha Urbana registra os maiores valores da TST por contemplar diversos materiais que possuem por condição biofísica baixa emissividade de superfície. Além disto, esta classe detém e foi intensificada pelos diversos equipamentos sociocomunitários e comerciais que foram instalados ao longo do tempo, com tendência a ampliação para áreas ainda não consolidadas como o bairro São Conrado.

Propõe-se a delimitação e desenvolvimento de parques públicos com amplas áreas verdes dentro destas regiões administrativas tendo em vista o avançado estado em que se encontra a Malha Urbana e os desdobramentos que ela traz no comportamento da TST. Conclui-se destacando a importância do levantamento de informações geográficas por meio de técnicas de SIG e imagens orbitais do satélite *Landsat-8*, destacado a melhoria na resolução espacial de 30 metros da imagem termal e de 15 metros naquelas utilizadas para a realização do mapeamento do uso e cobertura da terra.

Referências Bibliográficas

BERGAMIM, M. C.. **Agenda Cariacica Planejamento Sustentável da Cidade 2010- 2030: MEIO AMBIENTE, HUMANIZAÇÃO DA CIDADE E SANEAMENTO**. PMC: Cariacica, 2012. 48 p.

CHANDER, G.; Markham, B. L.; Helder, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, 113, 2009, p. 893-903.

COLLISCHONN, É. A temperatura de superfície e sua relação com a urbanização no Vale do Rio Pardo-RS. In: XI ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 2005, Bahia. **Anais...** . Bahia: Anpur, 2005.

COLLISCHONN, E. **O campo térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: Uma Análise a partir da Interação das Variáveis Ambientais na Definição do Clima Local**. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01/07/2015**. 2015. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm. Acesso em 19 maio de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3 ED. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IG06-USP, 1976. (Série Teses)

MONTEIRO, C. A. de F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano do Brasil. **GeoSul**. Ano V, n. 9, p. 7-19, 1º semestre. 1990.

MONTEIRO, C. A. F; Teoria e Clima Urbano. Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. **CLIMA URBANO**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

RADAMBRASIL – **Levantamentos de Recursos Naturais Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra**. V. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. IBGE, 1983. 775p.

RENNÓ, C. D. **Avaliação das Incertezas nas Classificações de Máxima Verossimilhança e Contextual de Modas Condicionais Iterativas em Imagens JERS na região de Tapajós, Estado do Pará**. São José Dos Campos - SP: INPE, 1998.

SILVA, J. P. **Análise do comportamento térmico da superfície do Aglomerado Urbano da região metropolitana de Curitiba durante os anos de 1985 a 2010 a partir do satélite Landsat-5**. 169 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, 2014.

USGS - SURVEY, Department Of The Interior U.s. Geological. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**. Dakota do Sul: USGS, 2015.