

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

USO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA A CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DE TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE VILA VELHA/ES (BRASIL)

ANDRÉ LUIZ NASCENTES COELHO¹, WESLEY DE SOUZA CAMPOS CORREA²,
FABRÍCIO HOLANDA NASCIMENTO³

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Departamento de Geografia - UFES. Avenida Fernando Ferrari, 514

Goiabeiras.CEP: 29060900 - Vitória, ES - Brasil - Caixa-postal: 019001.

¹Professor e Coordenador do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias

²Geógrafo – Aluno do programa de Pós Graduação em Geografia – UFES

³Aluno de Bacharelado e Licenciatura em Geografia – UFES

alnc.ufes@gmail.com; fhngeoufes2008@gmail.com; wesley.campos.correa@gmail.com

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo investigar a relação entre as classes de temperaturas de superfície e classes de uso e cobertura da terra no município de Vila Velha (ES), com base em produtos de sensoriamento remoto orbital e suborbital, em particular, a imagem do canal infravermelho termal do sensor TM/Landsat-5, através da identificação e análise de temperaturas de superfície. Os resultados do estudo permitiram identificar os maiores percentuais de temperatura de superfície em relação aos diferentes usos e amplitudes elevadas, superiores a 15°C. Constatou-se, também, a influência e a importância da cobertura vegetal, classe Floresta/Manguezal/Restinga na amenização da temperatura de superfície, a exemplo da restinga da Reserva Ecológica de Jacaranema além das áreas adjacentes a classe Corpo D'água como a baía de Vitória e linha de costa. Tal metodologia possibilita a aplicação em outros intervalos de datas e locais distintos, contribuindo na compreensão dos problemas e no auxílio de tomadas de decisões.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, TM/Landsat-5, infravermelho termal, clima regional.

USE PRODUCT OF REMOTE SENSING FOR CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF SURFACE TEMPERATURES IN THE CITY OF VILA VELHA/ES (BRAZIL)

ABSTRACT

This study aims to investigate the relationship between the classes of surface temperatures and classes use and land cover in the city of Vila Velha - Brazil based on remote sensing orbital and

Recibido: 19/7/2013

Aceptada versión definitiva: 03/10/2013

© Los autores

www.geo-focus.org

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): “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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

sub-orbital, in particular, the image channel thermal infrared sensor TM/Landsat-5 through identification and analysis of surface temperatures. The results of the study allowed identifying the highest percentages of surface temperature in relation to different uses and high amplitudes, exceeding 15 ° C. It was noted, too, the influence and importance of plant cover class Forest / Mangrove / Restinga in alleviating surface temperature as the Ecological Reserve Jacaranema and class Body Watermark as Vitória Bay and shoreline. This methodology enables the application to other date ranges and different places, contributing to the understanding of problems and aid in decision making.

Keywords: remote sensing, TM/Landsat-5, thermal infrared, regional climate.

1. Introdução

O nível de desenvolvimento de uma região ou cidade é indicado pela intensidade dos processos de urbanização e industrialização (Moura, 2009; Viana, 2008; Farias e Brandão, 2006). Tais processos têm ocasionado uma série de modificações na superfície da terra como a retirada da cobertura vegetal, modificações das topografias, criando um conjunto de edificações urbanas, fatos que alteram o balanço hídrico e energético nas cidades (Oke, 1974; Monteiro, 1976).

As transformações oriundas dos processos de urbanização e industrialização na superfície influenciam diretamente as variáveis atmosféricas, temperatura, umidade, velocidade e direção dos ventos, que por sua vez afetam o clima local. Por menor que seja a modificação na cobertura da terra, os microclimas existentes serão alterados, todo tipo de supressão, construção proporcionará um novo microclima (Landsberg, 2006; Monteiro, 1976 e 2003; Brandão, 2003). Nesta perspectiva, o uso e cobertura da terra também torna-se um parâmetro de suma importância no que se trata aos estudos do clima (Monteiro, 1991).

Por tanto as cidades geram um clima próprio, ou seja, um clima urbano, que é resultante dos fatores urbanos, com o clima regional e com o meio físico local. Neste contexto é possível afirmar que a população sente primeiro e diretamente seus efeitos, tais como os ligados a conforto térmico, a qualidade do ar, aos impactos pluviais, saúde, capazes de deteriorar a qualidade de vida local (Monteiro, 2003; Brandão, 2003).

A “ilha de calor” representa o fenômeno mais significativo do clima urbano e sua intensidade depende das condições de micro e meso climáticas sobre a cidade, aliado às situações de uso e ocupação da terra, impermeabilidade do solo, geometria das edificações, topografia, albedo dos materiais de construção, da baixa concentração de áreas verdes, dentre outros, como fatores potencializadores na geração do clima urbano (Oke, 1987; Brandão, 2003; Fialho, 2009).

Uma das maneiras de investigar o clima urbano de uma dada região é com emprego de dados e técnicas de Sensoriamento Remoto infravermelho termal para detectar as características térmicas das superfícies urbanas. A vantagem dessas técnicas é a possibilidade de visualizar temperaturas em diversas escalas. Rao (1972) foi o primeiro a demonstrar que áreas urbanas

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

poderiam ser identificadas por meio de análises de dados na faixa do infravermelho termal adquiridos por um satélite.

Na literatura mundial, diversos trabalhos utilizam a técnica de Sensoriamento Remoto, com o objetivo de identificar as características térmicas da superfície urbana, entre eles Voogt e Oke (1997), Oke (2003), Jesen (2008) e Weng (2010). No Brasil, destacam-se os trabalhos de Lombardo (1985), Mendonça (1995), Nascimento (2011).

Contribuição significativa foi a publicada por Chander *et al.* (2009) discutindo e aplicando fórmulas de coeficientes de calibração radiométrica e obtenção de temperaturas Celsius °C, para imagens TM/Landsat-5 canal 6.

Em face desse cenário, o presente estudo tem por objetivo investigar a relação entre as classes de temperatura de superfície e usos e coberturas da terra do município de Vila Velha no estado do Espírito Santo por meio de produtos orbitais, suborbitais, técnicas de Sensoriamento Remoto em ambiente SIG e controle de campo. Como objetivos específicos: explorar a aplicação da imagem do canal do infravermelho termal do sensor TM/Landsat-5, por meio da detecção e análise de temperaturas de superfície; difundir o uso integrado e a aplicação das geotecnologias referentes aos produtos de Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas nos estudos geográficos, e subsídio para compreensão do clima urbano do município integrante da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

2. Localização e caracterização da área de estudos

O município de Vila Velha, no estado do Espírito Santo, faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), composta pelos municípios: Vitória, Vila Velha, Cariacica, Serra, Viana, Fundão e Guarapari. Ele está localizado nos paralelos 20°19'13" e 20°30'42" de latitude sul e meridianos de 40°16'29" e 40°21'34" de longitude oeste.

Vila Velha possui um total de 424.948 habitantes e uma densidade demográfica de 2.035 habitantes por km² segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2012, caracterizada como o segundo município mais populoso do estado.

Do ponto de vista geológico há o predomínio dos depósitos sedimentares marinhos, fluviomarihos, aluviais e areno-argilosos com laterização (Grupo Barreiras) e reduzida área de dobramentos remobilizados distribuídos pelo território (RADAMBRASIL, 1983). Geomorfologicamente o município é caracterizado, na sua maior parte, por planícies costeiras, estuários, praias, tabuleiros costeiros concentrados na porção sul, além de áreas de acumulação fluvial e fluvio-marinhas, a exemplo, do baixo curso do rio Jucu e hipsometria do terreno que variam de 0-160 metros (RADAMBRASIL, 1983 e IJSN, 2012).

Os sistemas atmosféricos de escala sinótica que influenciam as condições do tempo no município estão associados à formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Frentes

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

Frias (FF) e o Anticiclone ou Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que são importantes mecanismos da dinâmica climática do sudeste brasileiro (Varejão-Silva, 2005; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

Em função da atuação desses sistemas atmosféricos, associados com a maritimidade e a latitude, o município de Vila Velha está inserido na zona climática Tropical Brasil Central, Subsequente, que vai do semiúmido ao superúmido, apresentando médias de temperaturas mínimas entre 11,8°C a 18°C, e médias máximas entre 30,7°C a 34°C. No que se refere a pluviometria, os meses de outubro a março correspondem aos mais chuvosos, enquanto os meses de maio a setembro são caracterizados como seco, havendo o destaque para agosto, o mês mais seco (IBGE, 2010).

Vila Velha, assim como boa parte dos municípios Brasileiros, cresceu de maneira desordenada, acompanhado pela degradação dos recursos naturais (vegetação, solo, rios, etc.), situação que gerou, e ainda gera, graves consequências para a população e para o meio ambiente, sobretudo, em períodos de intensas chuvas.

3. Materiais e métodos

Para que os objetivos propostos desse estudo fossem alcançados, o mesmo foi dividido em duas principais etapas, sendo: Primeira, aquisição de referencial bibliográfico selecionado abordando a temática. Consulta das informações referentes à análise sinótica da atmosfera, obtidas no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2013).

As informações de temperatura do ar, direção e velocidade dos ventos, na data de passagem do satélite, foram provenientes da estação meteorológica convencional de Vitória, localizada a 200 metros do limite norte de Vila Velha que serviram de parametrização / comparação com a temperatura de superfície registrada pelo sensor (INMET/BDMEP, 2013).

Segunda, aquisição de imagem orbital digital gratuita do satélite *Thematic Mapper-TM/Landsat-5*, Órbita 215, ponto 74, com data de passagem 30/07/2011 e horário central 9:27 hs, canais/bandas 1, 2, 3 e 6, correspondendo o último ao infravermelho termal (faixa espectral de 10,4 a 12,5 μm - micrômetro) com resolução espacial de 120 x 120m do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2012). Bases cartográficas: Limite Municipal, Área Urbana, Bairros, Ortofotomosaico Digital 1/5.000 cedidas pela Coordenação de Geoprocessamento do Instituto Jones dos Santos Neves - CGEO/IJSN (2011).

Registro de pontos de interesse com aparelho receptor de GPS (Global Positioning System) Garmin Série H, Microcomputador PC, *Excel for Windows* e Sistema de Informações Geográficas ArcGIS 10 do Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias (LCGEO/UFES).

A organização dos dados vetoriais teve início com a criação de um projeto no SIG e a adição dos Planos de Informações abrangendo o município e adjacências que foram ajustados,

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000 Zona 24 Sul com todo o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica segundo Fitz (2008).

Já a organização e o tratamento dos dados raster iniciaram-se com o georreferenciamento das imagens TM/Landsat-5 seguido da utilização de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e finalmente para graus Celsius (°C) conforme metodologia discutida por Chander *et al.* (2009) expressa nas Equações 1 e 2, inseridas na calculadora raster do SIG ArcGIS. Os elementos da fórmula de conversão para radiância, bem como, a TM + Constante de Calibração da banda termal, são explicados nas [tabela 1](#) e [2](#), respectivamente.

$$L_{\lambda} = ((l_{\max \lambda} - L_{\min}) / (QCAL_{\max} - QCAL_{\min})) * (QCAL - QCAL_{\min}) + L_{\min} \quad (1)$$

Tabela 1. Elementos da fórmula de conversão para radiância

L_{λ}	Radiância Espectral em sensor de abertura em Watts
QCAL	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN
$L_{\min \lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para $QCAL_{\min}$ em Watts = 0.000
$L_{\max \lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para $QCAL_{\max}$ = 17.040
$QCAL_{\min}$	O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\min \lambda}$), em DN = 1
$QCAL_{\max}$	Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\max \lambda}$) no DN = 255

Fonte: adaptado de Chander *et al.* (2009).

Conforme mencionado, após a transformação dos valores em radiância aplicou-se a Equação 2 com a finalidade de transformar os valores obtidos na primeira, em temperatura de valor em Kelvin:

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

onde:

- T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;
- K2 = Constante de calibração = 1.260,56
- K1 = Constante de calibração = 607,76
- L = Radiância espectral em Watts / (metros quadrado).

Tabela 2. TM + Constante de calibração da banda termal

	Constant 1 - K1 Watts / (metros quadrado * mm)	Constant 2 – K2 Kelvin
TM/Landsat-5	607,76	1.260,56

Fonte: adaptado de Chander *et al.* (2009).

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

Após este procedimento, os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C). Na sequência foi realizado o recorte com base nos limites municipais e reclassificação. Posteriormente foi elaborado o mapa de uso e cobertura da terra com base na imagem de satélite TM/Landsat-5 composta nas bandas RGB colorida com a combinação da banda 3 ao filtro vermelho, banda 2 ao filtro verde e a banda 1 associada ao filtro azul (3R; 2G; 1B), correspondendo, respectivamente, aos comprimentos de ondas vermelho, verde e azul, além do ortofotomosaico digital para detalhamentos de alguns polígonos.

As classes de uso e cobertura da terra foram definidas a partir das bandas compostas do espectro refletivo, sendo: 1) *Urbano / Industrial*, abrange equipamentos residenciais, industriais e institucionais, a exemplo da fábrica de chocolates Garoto; 2) *Floresta/Manguezal/Restinga*, abrangendo todas as áreas verdes com exceção da silvicultura; 3) *Silvicultura*, particularmente eucalipto; 4) *Solo Exposto / Pastagem / Cultura*, abrangendo áreas sem equipamentos, com pastagem e culturas temporárias; 5) *Corpo D'água*, compreendendo as águas superficiais do município; 6) *Praia*, correspondendo exclusivamente a porção arenosa junto a linha de costa 7) *Afloramento de rochas*. De posse dos dois produtos principais foram realizadas em ambiente SIG a elaboração de mapas e análises estatísticas obtendo valores para cada classe de uso e cobertura da terra nos intervalos de temperaturas com base na média geral da amostra, $\leq 19^{\circ}\text{C}$; $19,1^{\circ}\text{C}$ a 21°C ; $21,1^{\circ}\text{C}$ a 22°C ; $22,1^{\circ}\text{C}$ a 24°C ; $24,1^{\circ}\text{C}$ a 26°C e $\geq 27^{\circ}\text{C}$.

4. Resultados e discussão

A [figura 1](#) apresenta o mapa da relação entre as classes de temperaturas de superfície do satélite TM/Landsat-5 e classes de uso e cobertura da terra do município de Vila Velha (ES) em 30/07/2011 e o horário central 9:27 h, registrando temperatura mínima de $18,1^{\circ}\text{C}$, máxima de $32,7^{\circ}\text{C}$, média de $25,4^{\circ}\text{C}$ e amplitude de $14,6^{\circ}\text{C}$.

As condições meteorológicas às 9:00 h da manhã, registrados pela estação meteorológica convencional do INMET no Município de Vitória, foram as seguintes: temperatura média do ar $23,9^{\circ}\text{C}$, direção predominante do vento norte, velocidade média do vento $4,1\text{m/s}$ (INMET, 2013), próximos aos detectados pelo sensor.

Nessa data, boa parte da região Sudeste, inclusive a área de estudo, estava sob a influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), fato que favoreceu o bloqueio da Frente Fria (FF) que estava estacionada sobre a região Sul do Brasil, resultando na diminuição de nuvens no céu e, consequentemente, no aquecimento da superfície proporcionada pela incidência de radiação sobre a área de estudo (CPTEC, 2011).

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, n° 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

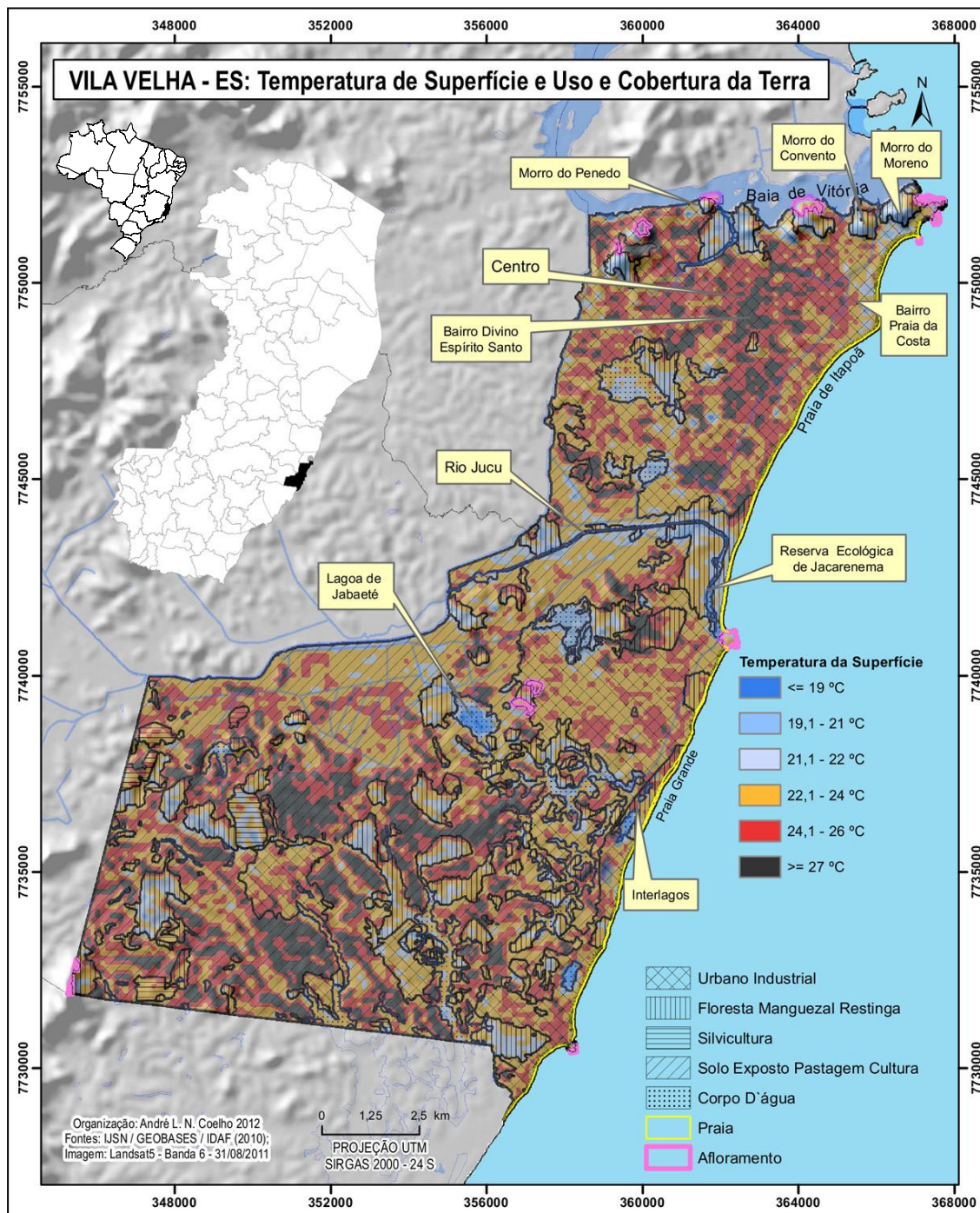


Figura 1. Mapa da relação da temperatura de superfície e uso e cobertura da terra.

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

4.1. Espacialização dos principais usos e intervalos de temperatura de superfície

A radiação emitida pelo Sol é distribuída de maneira heterogênea na superfície da terra devido a diversos fatores como a latitude do local, a altitude, os diferentes usos e cobertura da terra e nos materiais constituintes, sobretudo, no que diz respeito às áreas urbanas (Pereira, *et al.*, 2012; Souza e Ferreira Júnior, 2012).

A [figura 1](#) revela na classe *Urbano / Industrial*, localizado na porção centro-norte do Município, a ocorrência de temperaturas elevadas como nos bairros IBES, Nossa Senhora da Penha, Santos Dumont, Divino Espírito Santo, Centro de Vila Velha, Jardim Guadalajara, Jardim Colorado, Soteco, Santa Mônica, Novo México e Araçás, estas superiores a 27°C no momento da passagem do satélite, enquanto próximo à linha de costa temperaturas mais amenas. Ressalta-se que estes elevados valores de temperatura concentram-se próximo ao centro do município e dos bairros adjacentes, reforçando as proposições de Oke (1978), Monteiro (1976; 2003), Lombardo (1985), Mendonça (2003), Fialho (2009), Assis (2010).

Constata-se também um fenômeno que é muito comum, em boa parte do litoral brasileiro marcado pelas ocupações junto à linha de costa, um padrão construtivo altamente verticalizado como os bairros Praia da Costa e Itapuã (média de 22 andares).

Em função desse padrão morfológico de construção altamente verticalizado na linha de costa ocorre a formação de uma verdadeira barreira para os ventos que são provenientes do oceano, contribuindo de maneira significativa para a ocorrência de "Ilhas de Calor" nesses bairros interiores. Lombardo (1985), ressalta também, que nesses locais normalmente há um aumento considerável das concentrações dos poluentes pela falta de circulação de ar proveniente de outros ambientes.

Outro fator que potencializa a elevada temperatura nesses ambientes é a ausência quase que total de áreas verdes, constatado em campanhas de campo, predominando materiais como concreto, asfalto entre outros, proporcionando uma maior emissão de radiação de Ondas Longas (OL) e por sua vez, ocasionando o desconforto térmico.

Sobre esse aspecto Jardim (2010) lembra que à presença de áreas verdes nas cidades não se limita somente pelo seu papel regulador do clima urbano, mas também na infiltração da água no solo e manutenção dos níveis freáticos.

No bairro Praia da Costa, próximo a linha de costa, observam-se temperaturas mais amenas, por volta de 19°C a 21°C, fato que é corroborado devido ao padrão construtivo altamente verticalizado, situação que impede a incidência de radiação solar por trás dos edifícios, proporcionando um sombreamento, situação que pode contribuir para a formação do fenômeno "ilhas de frescor" comparável com as identificadas por Mendonça (1995) em áreas urbanas.

Também no limite norte do Município, próximo ao canal de Vitória, atrás das encostas do Morro do Moreno, Morro do Covento e Morro do Penedo, identificaram-se outras "ilhas de frescor" com temperaturas entre 18°C e 21°C em função da topografia desses maciços em média de 150

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

metros, impedindo que os ventos predominantes no sentido N, aliado à baixa incidência da radiação no momento da passagem do satélite atingissem a porção sul desses morros.

Já na porção central do território do Município, margeado pelo rio Jucu, de montante para jusante, há o destaque para a classe de uso e ocupação da terra *Solo Exposto / Pastagem / Cultura* e a classe *Manguezal / Restinga* com o predomínio de temperaturas entre 21°C à 24°C no momento da passagem do satélite. Esta área é caracterizada por ser brejosa, eventualmente alagável e próximo à linha de costa marcado pela ocorrência de bosques de mangues e restingas, a exemplo da Reserva Ecológica de Jacaranema e em Interlagos ao sul daquela.

Os valores de temperaturas de superfície registrados na classe *Manguezal / Restinga* ocorrem em função da vegetação existente e do copo d'água presente nos ambientes brejosos. A água nessa área do município funcionará como um regulador térmico, devido a sua alta capacidade calorífica, pois, durante o dia, ela irá absorver e reter radiação de Onda Curta (OC), a noite o calor será devolvido à atmosfera em forma de calor sensível.

É possível identificar temperaturas superiores a 27°C, localizadas na porção sul do território, região caracterizada pela ocorrência de Tabuleiros Costeiros com uso predominante de pastagem, reduzida cobertura vegetal e solo exposto. Porém, próximo aos corpos d'água são observados temperaturas menores. Nessa área há predomínio de temperaturas que variam entre 24,1°C à 27°C.

Ressalte-se que durante o registro da imagem havia o predomínio da atuação da ASAS, com céu limpo, alta umidade e a incidência de vento N, fato que também corroborou na configuração e/ou intensificação de bolsões de calor ou ilha de calor sobre todos os bairros supracitados na área centro-norte e nas áreas ao sul do Município. A magnitude do fenômeno atingiu entre 9°C e 10°C tanto no norte onde há o predomínio de áreas urbano/industrial quanto ao sul do município onde há primazia de áreas de solo exposto/pastagem/cultura. Tal magnitude pode estar associada à presença do fenômeno sinótico. É válido destacar que Mendonça (1995) encontrou magnitude semelhante em Londrina no estado do Paraná.

4.2. Perfil do campo térmico de superfície

As figuras 2, 3 e 4 têm por objetivo revelar o comportamento da temperatura de superfície do traçado do perfil A-B de 2,6 km, com base nos materiais, bem como nos diferentes usos e cobertura da terra.

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

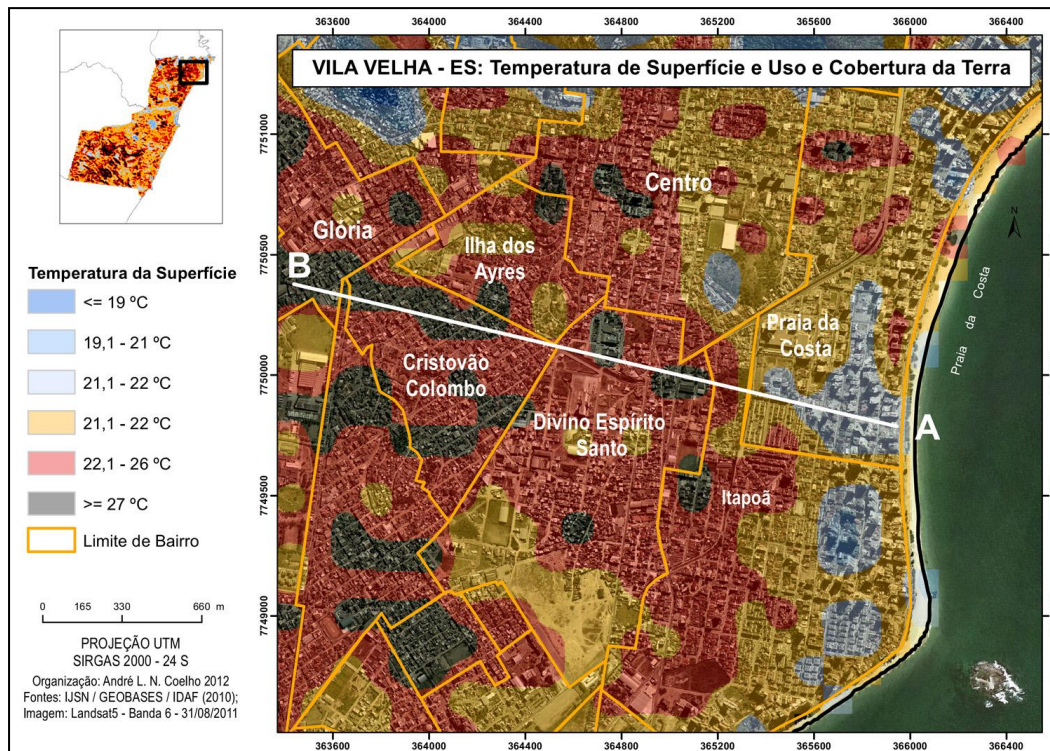


Figura 2. Mapa mostrando o traçado perfil de temperatura de superfície A - B, observando próximo a A barreira formada pela verticalização dos prédios próximos a linha de costa, interferindo, por sua vez, nas temperaturas de superfície dos bairros no interior do Município.

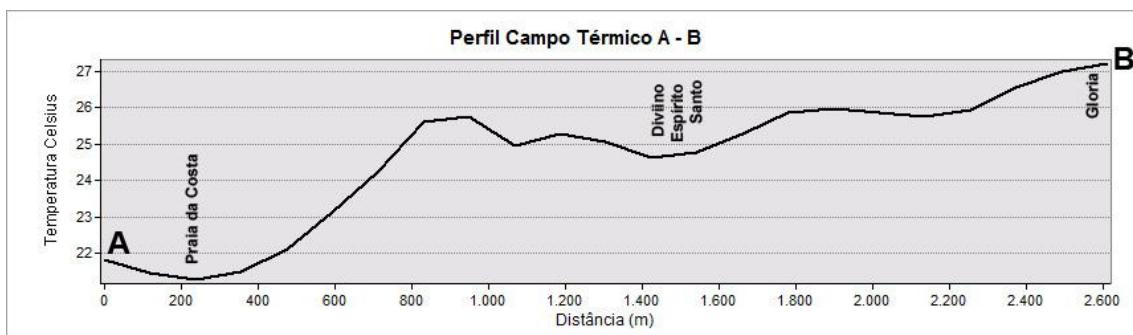


Figura 3. Gráfico do perfil A-B do campo térmico de superfície (°C) da imagem termal do satélite TM/Landsat-5 em 30/07/2011 e o horário central 9:27 hs registrando variações conforme os materiais e distanciamento do litoral.

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): “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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

A amplitude registrada no perfil A-B no momento da passagem do satélite foi de aproximadamente 8°C, considerada elevada, com os menores valores de 19,1°C registrados no bairro Praia da Costa próximo a linha de costa.

À medida que o perfil foi se distanciando do litoral a temperatura aumentou gradualmente, notando-se após 800 metros temperaturas em média de 25°C, e após 2.400 metros do litoral ela foi superior a 26,5°C como no bairro Gloria e adjacências, caracterizados pelo elevada densidade de construção e consequentemente, pela intensa exatância termal dos telhados e baixa concentração de áreas verdes. Tal análise, como já mencionado, evidencia a formação de microclimas, fenômenos como “ilha de calor” que fornecem subsídio para a compreensão do clima urbano do Município.

É possível identificar na [figura 4](#), o padrão de construção altamente verticalizado junto à linha de costa com poucas áreas verdes A e à medida que caminha-se para B nota-se a mudança no padrão construtivo com menor espaçamento das vias, havendo o predomínio de construções adensadas de um a dois pavimentos, favorecendo a ocorrência de temperaturas de superfícies mais elevadas.

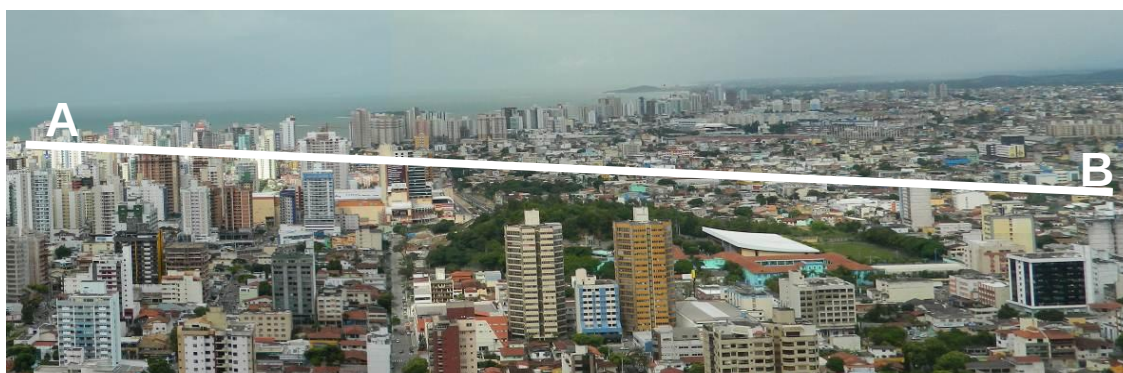


Figura 4. Perfil A – B, notando próximo à A barreira formada pela elevada verticalização próximos à linha de costa, interferindo, por sua vez, nas temperaturas de superfície dos bairros no interior do Município.

4.3. Dados estatísticos do uso e cobertura da terra nos intervalos de temperatura

Abaixo, na [tabela 3](#), são apresentados os dados estatísticos por classes de uso e cobertura da terra em relação aos intervalos de temperatura (°C) expressos em percentuais, obtendo uma média de valores máximos superiores a 48% do total.

Há o destaque para a classe Urbano/Industrial apresentando um percentual de 36,3% no intervalo de temperaturas entre 24,1°C a 26°C, bem como percentual de 11,3% no intervalo de temperaturas $\geq$ a 27°C. O fato desses valores serem elevados está relacionado a uma série de aspectos, a começar, pelos materiais de superfície utilizados nesses locais, como asfalto, concreto,

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

vidro, metais (zinco) e telhas, o elevado adensamento das residências, a baixa presença de áreas verdes, pouca circulação, topografia plana, entre outros.

Outra classe que chamou a atenção foi solo exposto/pastagem/cultura com o percentual de 31,9% estando no mesmo intervalo de temperatura da classe Urbano/ Industrial (24,1°C a 26°C).

Tabela 3. Percentuais de uso e cobertura da terra em relação aos intervalos de temperatura
Uso e Cobertura da Terra

Intervalos de Temperaturas	Urbano / Industrial	Floresta / Mangue / Restinga	Silvicultura	Solo Exposto / Pastagem / Cultura	Corpo D'Água	Praia	Afloramento
<= 19 °C	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,8%	1,3%	6,1%
19,1 - 21 °C	1,7%	6,1%	3,2%	0,2%	12,3%	17,7%	21,2%
21,1 - 22 °C	4,5%	28,0%	17,8%	5,8%	27,8%	15,2%	12,1%
22,1 - 24 °C	45,9%	48,9%	53,9%	41,6%	48,6%	46,8%	31,8%
24,1 - 26 °C	36,3%	13,0%	24,7%	31,9%	9,0%	17,7%	18,2%
>= 27 °C	11,3%	3,8%	0,5%	20,4%	1,5%	1,3%	10,6%
Totais	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Organizado pelos autores

No que tange ao intervalo de temperatura $\geq$ a 27°C a classe solo exposto/pastagem/cultura possui o maior percentual em relação aos demais, 20,4%, que estão situados na área sul do território.

Na [figura 5](#) é possível observar que há predomínio do intervalo de temperaturas entre 22,1°C a 24°C com destaque para a classe *silvicultura* com 53,9% do seu total nessa categoria. Exceto *afloramento*, todas as demais categorias possuem percentuais superiores a 40% do uso e cobertura da terra neste mesmo intervalo de temperatura.

Já a classe *Corpo D'Água* observa-se o predomínio de temperaturas entre 22,1°C a 24°C que corresponde a 48,6%, considerado elevado no momento da passagem do satélite, tal situação é explicada pela estratificação térmica diferenciada que a água possui (Angelocci *et al.*, 1995), e também em função dos elementos climáticos como radiação solar e ventos, e outros fatores como a morfologia.

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): "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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

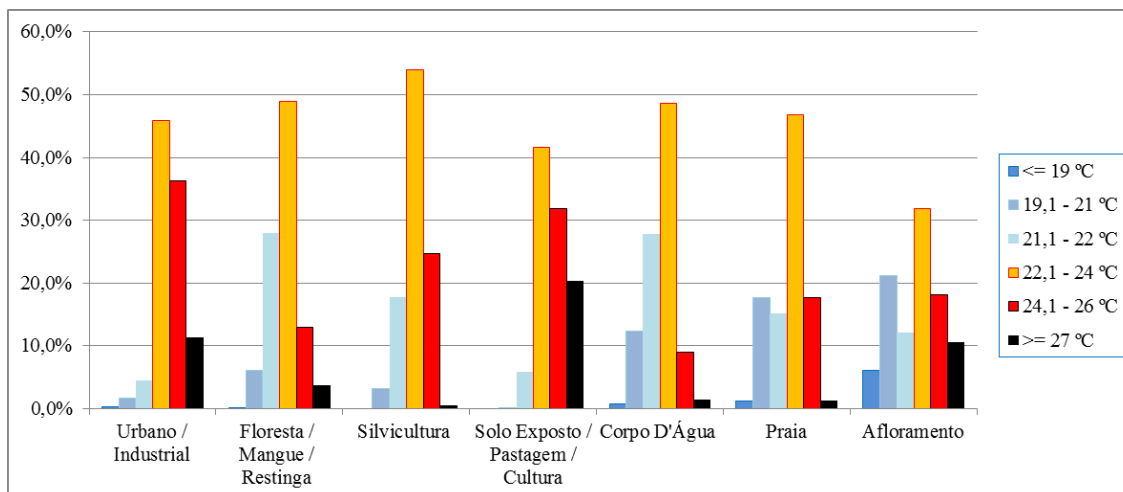


Figura 5. Gráfico representando os percentuais para cada tipologia de Uso e Cobertura da Terra.

5. Considerações finais

Os resultados extraídos durante a passagem do satélite evidenciaram áreas no município de Vila Velha que apresentam intensa exatância termal como prédios, pavimentos, telhados e outras superfícies típicas da paisagem urbana, bem como a distribuição heterogênea dessas respostas, resultando em temperaturas de superfície e amplitudes elevadas superiores a 8°C, revelando que os locais mais quentes não são exclusivos da área central do município, mas também nos bairros periféricos e área rural onde há o predomínio de pastagem e solo exposto.

Nos bairros junto à linha de costa, a nordeste do município, como Praia da Costa e Itapuã, temperaturas mais amenas entre 19°C à 21°C, em função do efeito da brisa marítima, aliado ao sombreamento proporcionado pelo padrão construtivo verticalizado. Já na região centro-norte e na porção sul do Município, observou-se temperaturas superiores ou iguais a 27°C, evidenciado a formação de microclimas locais no município.

Constatou-se também, a influência e a importância da cobertura vegetal e de corpos d'água na amenização da temperatura, a exemplo das áreas adjacentes as Unidades de Conservação como a reserva Ecológica de Jacaranema e o Parque Natural Municipal Morro da Mantegueira, próximo à baía de Vitória.

Como medida de mitigação dos efeitos do calor nessas áreas onde foram observadas temperaturas elevadas, sugere-se um plano de rearboreização com a finalidade de minimizar os indices de temperatura no local e também a aplicação de uma legislação que infira uma relação adequada entre espaço verde e área construída.

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): “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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

Enfim, as informações de temperatura de superfície adquirida através de técnicas de sensoriamento remoto com o uso do canal infravermelho termal do TM/Landsat-5, sob o aspecto da utilização de Geotecnologias em ambientes urbanos, contribuem na identificação, espacialização e na compreensão da dinâmica climática operante, de microclimas locais e consequentemente, na adoção de diretrizes como planos de arborização no sentido de amenizar as temperaturas nesses locais, podendo ser aplicada em outros intervalos de datas e locais distintos. A utilização dessa técnica também permite o conhecimento espacial e temporal da expansão urbana e dos problemas delas oriundos.

Referências bibliográficas

Angelocci, L.R., Villa Nova, N.A.(1995): “Variações da água em um pequeno lago artificial ao longo de um ano em Piracicaba-SP”, *Sp. Scientia Agricola*, vol. 52, p.431-438.

Assis, W. L. (2010): *O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial*. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 299 f.

Brandão, A. M. P. M. (2003): “O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro”, In *Clima Urbano*. Org. Monteiro, C.A de F., Mendonça, F; São Paulo: Contexto, p. 121 – 153.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC (2013): *Análise Sinótica de Superfície do dia 30/07/2011*. Acesso em 15 de março. 2013. Disponível em: <http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise_30072011.pdf>.

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

Farias, H. S; Brandão, A. M. P. M. (2008): “Configuração da ilha de calor no Bairro Maracanã”, in *Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, Alto Caparaó – MG.

Feitoza, L. R., Stocking, M. S., Resende, M. (1999): *Mapa das Unidades Naturais do Espírito Santo*. Vitória/ES, EMCAPA.

Fialho, E. S. (2009): *Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira*. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, USP, 248 f.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE (2010): *Estimativa de população de Vila Velha – ES*. Acesso em 06/04/2013. Disponível in: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE (2010): *Mapa de unidades climáticas do Brasil*. Acesso em 12 março 2013. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartogramas/clima.html>>.

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): “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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

Instituto Jones dos Santos Neves – IJSN (2012): *Mapeamento Geomorfológico do Espírito Santo*. Vitória/ES.

Instituto Nacional de Meteorologia –INMET (2013): *Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa - BDMEP*. Brasília. Acesso em 16 abril 2013. Disponível em < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.

Jardim, C. H (2010): “Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana”, *Revista de Ciências Humanas*, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 9-25.

Jensen, J. R. (2009): *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Editora Parêntese, São José dos Campos, SP, 598 p.

Landsberg, H. E. (2006): “O Clima das Cidades”, *Revista do Departamento de Geografia*, 18, p. 95-111.

Lombardo, M. A. (1985): *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo, Hucitec, 244 p.

Mendonça, F. de A. (1995): *O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação à cidade de Londrina, PR*. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 322 p.

Mendonça, F. de A. (2003): “Clima e planejamento urbano em Londrina. Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico”, In Monteiro, C. A. de F; Mendonça, F. (Org.): *Clima urbano*. São Paulo, Contexto, p. 9-67.

Mendonça, F. de A., Danni-Oliveria, I. M. (2007): *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo. Editora Oficina de texto, 206 p.

Monteiro, C. A. de F. (1991): “Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano do Brasil”, *GeoSul*, Nº 9, p.7-140.

Monteiro, C. A. de F. (1976): *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo, IGEOG/USP, 1976, 181 p.

Monteiro, C. A. de F. (2003): “Teoria e clima urbano – um projeto e seus caminhos”, In Monteiro, C. A. F; Mendonça, F. (Org.): *Clima urbano*. São Paulo, Contexto, p. 9-67.

Moura, R. (2009): *Arranjos Urbanos Regionais do Brasil: Uma Análise com foco em Curitiba*. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 242 p.

Nascimento, D. T. F. (2011): *Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sociais - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 96 f.

Oke, T. R. (1974): *Review of urban climatology: 1963-1973*. Thecnical Note, v.134.

Oke, T. R. (1978): *Boundary Layer Climate*. London Methuem e Ltd. A. Halsted Press Book, Jhon Wiley e Sons, 372 pp.

Coelho, A. L. N., Correa, W. de S. C., Nascimento, F. H. (2013): “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)*, nº 13-1, p. 61-76. ISSN: 1578-5157

Oke, T. R. (1987): *Boundary Layer Climates*. Londres, Routledge, 2ed, 435 p.

Oke, T. R. (2003): “Thermal remote sensing of urban climates”, *Remote Sensing of Environment*, New York, 86, n. 3, p. 371–384.

Oliveira, A. S. de, Nogueira, M. C. de J. A., Sanches, L., de Muis, C. R. (2012): “Microclima Urbano: praças públicas em Cuiabá/MT/Brasil”, *Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 13, n. 43, p. 311–325.

Pereira, L. C., Mariano, Z. de F., Wachholz, F., Cabral, J. B. P. (2012): “Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia barra dos Coqueiros (Goiás)”, *Revista Geonorte*, edição especial, V. 2, N.5, p. 1243 - 1255.

Projeto RADAMBRASIL (1983): - *Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra*. Vol.. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. IBGE, 775 p.

Rao, P. K. (1972): “Remote sensing of urban "heat islands" from an environmental satellite”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Boston, v.53, p.647-648.

Souza, S. B. de, Ferreira Júnior, L. G. (2012): “Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO)”, *Revista Espaço Geográfico em Análise*, Vol. 26, Paraná, p. 75 -99.

Varejao-Silva, M. A. (2005): *Metereologia e climatologia*. Recife.

Viana, S. S. M. (2006): *Caracterização do Clima Urbano em Teodoro Sampaio/ SP*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 190 f.

Voogt, J. A., Oke, T. R. (1997): “Compete urban surface temperatures”, *Journal of applied meteorology*, New York, Vol. 36, 9, p. 1117-1132.

Weng, Q. (2010): *Remote sensing and GIS integration: theories, methods, and applications*. New York, McGraw-Hill.