ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A COBERTURA VEGETAL E AS VARIAÇÕES DE TEMPERATURA DO BAIRRO JARDIM IMPERIAL, NO MUNICÍPIO DE SINOP, MT

E. L. A. Guarda, S. K. F. Santos, A. S. Oliveira e D. B. C. Souza

RESUMO

O artigo descreve a análise da relação de solo e vegetação do bairro Jardim Imperial localizado no município de Sinop. A metodologia utilizada é o método de NDVI e, de imagens do satélite Landsat e Google Earth, referente ao fator de refletância bidirecional de superfície relativa ao comprimento de onda do vermelho e do infravermelho. Realizando-se da seguinte maneira: obtenção de dados bibliográficos, cartográficos e imagens de satélites. Os dados foram cruzados no *software* ArcGIS, realizados os cálculos através de fórmulas propostas por Rouset et al. (1974), registradas imagens fotográficas para a demonstração de vegetação nas áreas analisadas e uma visita para a validação dos dados obtidos a partir dos métodos de sensoriamento remoto. Assim, foram retiradas fotografias dos pontos analisados, através do receptor GPS Garmin Etrex, exportados para o Google Earth. Sendo assim, verificou-se que a existência da vegetação é um eficiente regulador térmico na região.

1 INTRODUÇÃO

A representação terrestre gerada a partir de imagens de satélites permite a aquisição de informações de objetos sem contato físico direto, apenas utilizando sensores para adquirir a energia provinda do objeto, sendo possível convertê-la em um sinal que pode ser registrado, assim proporcionando uma visão resumida da área de estudo e ao mesmo tempo aproveitando a espacialidade para medir os impactos antrópicos e naturais locais, permitindo um monitoramento de qualidade ambiental, variações de temperatura e da vegetação.

O sensoriamento remoto na atualidade vem sendo amplamente aplicado para o monitoramento da cobertura vegetal, principalmente para o seu comportamento fisiológico ou espacial. A geração de mapas de uso e cobertura da terra depende da adoção de produtos de sensoriamento remoto, de distintos níveis de aquisição, além do uso de técnicas classificatórias e de levantamentos de campo, como etapas essenciais no processo de sua elaboração (CRUZ et al., 2009).

A arborização de cidades surgiu com o intuito de garantir o veículo atávico do homem com o "natural", a fim de desfrutar seus principais benefícios como: redução de ruídos, melhoria do microclima, alteração do campo visual, recreação e lazer urbano, portanto as propriedades inerentes ao bem-estar do homem citadino estão diretamente vinculadas ao componente vegetal que faz parte dos aglomerados urbanos, ou seja, arborizar áreas significa atender a dupla natureza humana: a biológica e cultural (MALAVASI & MALAVASI, 2001). Sendo

assim, a arborização no meio urbano é um significativo indicador de qualidade ambiental, realizando um importante papel e exercendo inúmeras funções no meio ambiente que influenciam no conforto térmico local.

Fragmentos florestais urbanos, apesar de sofrerem ação antrópica e de não terem possibilidade de conexão com outras matas, desempenham forte função social, que pode estar relacionada às condições microclimáticas e aos seus aspectos físicos, possibilitando uma diversidade de funções (DACANAL et al., 2010). Dentre estas funções, destacam-se a melhoria microclimática, a amenização acústica, atuação como filtros de partículas que poluem o ar, proteção do solo e sobrevivência da avifauna (BIONDI, 2008). Sabe-se que a presença da vegetação nas cidades é essencial para estrutura e dinâmica da paisagem urbana, pois devido às suas características, melhoram a qualidade de vida da população e condição ambiental das cidades (LIMA, 2011).

Dada a sua importância, os dados geográficos representam uma importante ferramenta para os estudos ambientais, pois facilitam realizar análises de temperaturas em diferentes escalas. Diversos estudos relacionaram os problemas urbanos com a definição de indicadores obtidos de imagens orbitais, como os índices de vegetação, índices de superfícies impermeabilizadas e a definição da temperatura de superfície a partir do espectro termal, permitindo a avaliação das "ilhas de calor urbanas" (WENG et al., 2004; YA et al., 2010; YUAN; BAUER, 2007; ZHANG et al., 2009).

Dados provindos de satélites, como o conjunto do programa Landsat, têm sido utilizados para obter dados sobre a temperatura da superfície da terra e conceber índices de vegetação existente, tais como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index).*O NDVI não só mapeia a presença de vegetação numa base de pixel, mas também proporciona uma medida da quantidade de vegetação ou condição dentro de um pixel, que promove a compreensão dos impactos de mudanças de cobertura em relação a temperatura na superfície terrestre (ORHAN, 2014).

Um processo de urbanização acelerado e a expansão das áreas edificadas das cidades vem ocasionando uma drástica redução das áreas permeáveis do meio urbano, ou seja, as áreas verdes e o aumento populacional gera como resultado o aumento de superfícies impermeabilizadas, ocasionado as ilhas de calor urbanas. O crescimento urbano acelerado acentua o efeito de ilha de calor, que pode influenciar a qualidade ambiental e o clima regional (CHEN et al., 2006).

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a partir de imagens do satélite *Resourcesat*, sensor LISS-III de 25 de agosto de 2013 e *Google Earth* de 26 de setembro de 2013, as alterações de temperatura ocorridas ao longo do Bairro Imperial, através de uma análise da relação solo e vegetação, referente ao fator de refletância bidirecional de superfície relativa ao comprimento de onda das áreas permeáveis e impermeáveis, demonstrando a importância da vegetação no conforto térmico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no município de Sinop – MT, situado na região centro norte do estado de Mato Grosso, a uma distância de 500 km da capital Cuiabá e às margens da

rodovia BR 163, sendo fundada por uma das empresas responsável pela colonização do Norte Matogrossense. De acordo com Censo Demográfico de 2010 do IBGE era de 113 habitantes, tendo 83% dessa população concentrada na área urbana do município e a sua extensão territorial é de 3.942 km². O clima, segundo classificação de Köpen, pertence ao tipo climático AM, tropical quente e úmido, com quatro meses de estação seca (junho a setembro), quatro meses de estação úmida (dezembro a março) e quatro meses de transição (abril- maio e outubro novembro), com precipitação pluviométrica média anual de 2000 mm, sendo que no período de maio a agosto a precipitação é reduzida. As temperaturas médias anuais estão em torno de 24º C.

Para a análise foi escolhido o bairro Jardim Imperial que está situado na cidade de Sinop-MT, a 503 km da capital Cuiabá, nas coordenadas UTM 661.273,845 E e 8.691.172,271 S, tomando como referencial a Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT com 1.088.419,88 m². O bairro Jardim Imperial foi concebido no ano de 1976, datando a venda dos primeiros lotes. Segundo o IBGE (2010), o bairro possui cerca de 1.601 imóveis e aproximadamente 5.107 residentes, a área se situa em uma região de desenvolvimento da cidade e possui infraestrutura de: asfalto parcial, escolas públicas, posto de saúde, dispondo de saneamento básico.

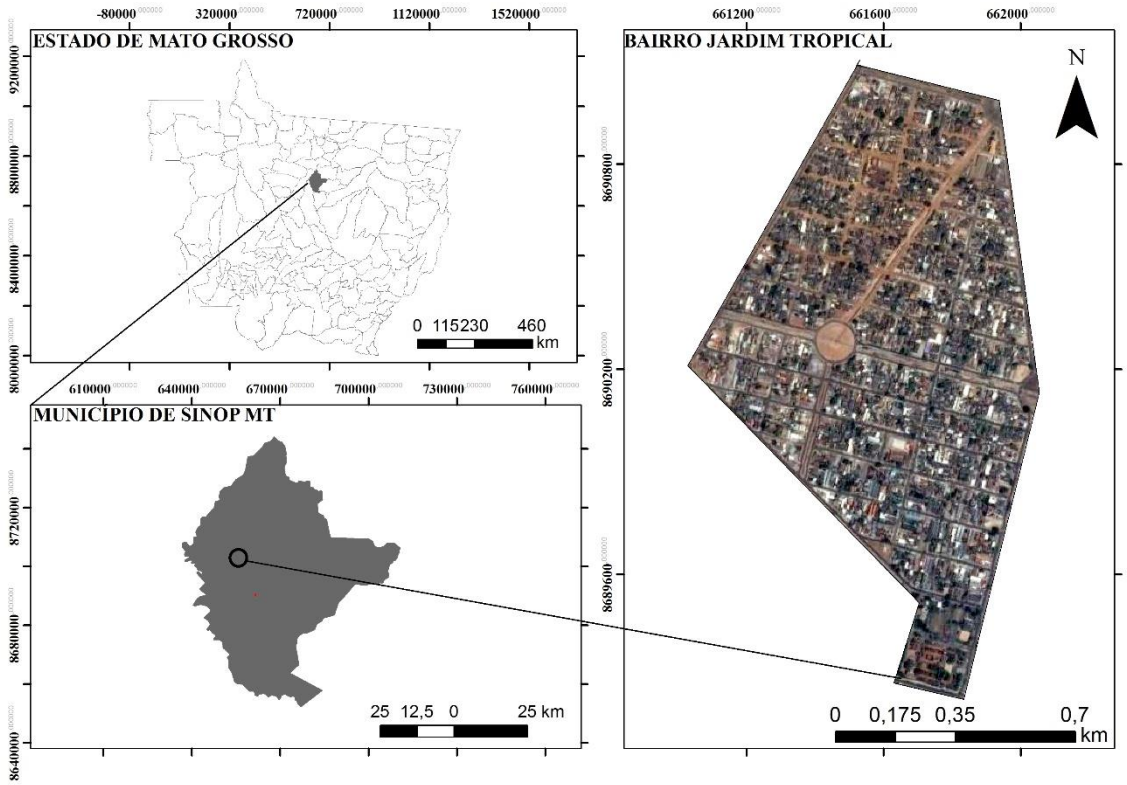

Fig. 1 Mapa de localização do bairro Jardim Imperial, Sistema de Projeção Sirgas 2000.

2.2 Dados do sensoriamento remoto

Neste estudo foram utilizadas imagens do satélite Resourcesat-1, sensor WIFS, sendo ele utilizado em estudos dinâmicos da vegetação, com a resolução espacial de 23,5 metros para

todos os canais espectrais, em faixas imageadas de 141 km, Rota 320, Passagem 085, do dia vinte e cinco de agosto de dois mil e treze, sem a presença de nuvens.

As imagens foram obtidas, gratuitamente, no Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O pré-processamento das imagens de satélites referentes à pesquisa foi realizado utilizando o software ArcGis versão 10.1.

Inicialmente foi feito o download das Bandas 3 e 4 (Vermelho e Infravermelho Próximo, respectivamente), as duas bandas foram Georreferenciadas e Ortoretificadas com o sistema de Projeção SIRGAS 2000, posteriormente, com dados obtidos com a Prefeitura Municipal de Sinop, foi possível delimitar o bairro Jardim Imperial e gerar o vetor da delimitação para recorte da imagem, utilizando a ferramenta *Extractby Mask*.

Com o auxílio da ferramenta *Raster Calculator*, iniciou se o cálculo do NDVI. A partir deste produto procedeu-se a classificação em 5 classes, visando a facilitar abstração do resultado, o que também permitiu quantificar as mudanças de forma segmentada, convertendo os níveis de cinza para informações de radiância conforme Equação (1).

$$NDVI = ((IVP - V))/ (IVP+V) \quad (1)$$

Onde:
NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
IVP: Infravermelho Próximo
V: Vermelho

Para a obtenção das temperaturas da superfície analisada, de modo geral, se deve cumprir a sequência:

- Os valores de níveis de cinza (NC) da imagem são primeiro convertidos para radiância espectral, por meio dos parâmetros de radiância calibração absoluta. Os valores de radiância espectral obtidos são, então, transformados em refletância aparente;
- A estimativa das temperaturas da superfície terrestre, em graus Kelvin, por radiometria, baseia-se nas Leis de Stefan-Boltzman e Lei de Plank. Com base nos valores estimados de emissividade obtêm-se a temperatura da superfície mediante a inversão da equação de Plank para corpos radiadores seletivos;
- Gera-se a grade de temperatura da superfície mediante a transformação de Kelvin para graus Celsius (°C), subtraindo os valores de T de 273,15 (Dumke 2007, p. 246);
- A grade será aplicada diretamente sobre cada par de pixel nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, produzindo um valor presente no intervalo [-1, 1]. Os valores próximos de 1 serão valores de pixel que se trata de vegetação, ou seja, quanto maior o valor do índice de vegetação maior será a presença de vegetação.

Para a execução da classificação supervisionada no ArcGis, utilizaram-se as ferramentas "*CreateSignature e Maximum likelihood Classification*", que levam em consideração todas as bandas espectrais na separação das unidades, a partir de um limiar de similaridade (em níveis de cinza), tendo como base uma área mínima (pixels), estes são definidos pelo usuário, através do método da máxima verossimilhança que utiliza a média e covariância das amostras computando a probabilidade de um pixel desconhecido pertencer a uma ou outra classe. Esse procedimento aplicado gera um arquivo vetorial com uma série de polígonos,

necessitando que o intérprete o edite para que equívocos derivados da classificação sejam corrigidos.

2.3 Validação dos dados

Foi realizada uma visita técnica para a validação dos dados obtidos a partir dos métodos de sensoriamento remoto. Nesta visita foram retiradas fotografias e o registro dos pontos visitados, através do receptor GPS Garmin Etrex, exportados para o Google Earth para melhor visualização.

3. RESULTADOS

Após o levantamento do NDVI, é possível notar uma diferenciação bastante considerável, nos locais com a presença da vegetação (Figura 2). É notável que a ocupação urbana e os efeitos do desenvolvimento urbano aparecem com uma emissão de radiação solar muito maior no espectro eletromagnético do infravermelho, sendo que as diferentes coberturas da cidade absorvem e refletem radiação solar dependendo do seu grau de emissividade, de acordo com sua composição química, influenciando desse modo a temperatura do ar. Mostrando, portanto, que os efeitos causados pela sensação térmicas e ilhas de calor podem estar presentes nesses locais apresentados na coloração em vermelho e amarelo, além disso, são áreas com baixa permeabilidade ou, em alguns casos, nenhuma, contribuindo assim ainda mais para o aquecimento desses locais.

Ainda na Figura 2, foram destacadas áreas que apresentam as disparidades de temperatura dos alvos e representam diferentes setores urbanos delimitados para o estudo, conforme seguem em sequência as descrições das fotos.

A foto 1 (Figura 2) ilustra a Rua das Perobas, onde a temperatura da superfície variou dentro da segunda classe entre 0,79 – 0,98, que corresponde à vegetação com dossel de porte já considerável, notando-se que as partes mais aquecidas foram concomitantes aquelas com a presença de vegetação e as mais aquecidas se referem a solo exposto.

A Praça Pública da Avenida das Palmeiras aparece, na foto 2 (Figura 2), dentro da classe 0,60 – 0,72 em áreas com solo exposto e coberturas de grama, esse tipo de cobertura, reflete grande quantidade de energia solar e também a retém, mantendo a superfície superaquecida e provavelmente aumentando a temperatura do ar da região próxima.

Na foto 3 (Figura 2), Praça Pública, Avenida dos Jequitibás, observa-se área com construção esparsa e vegetação arbórea esparsa, nesse quadrante da cidade, o NDVI entra na terceira classe até a última, apesar de ter pouca arborização, apresenta a temperatura na terceira classe até a alta temperatura, provavelmente pela menor quantidade de construções e a noroeste formadas por solo exposto em uma rotatória que apresenta temperaturas mais altas, devido seu alto nível de refletividade.

Na foto 4 (Figura 2), destaca-se a lateral da Unemat, com a Avenida dos Ingás, em que se visualiza uma grande parcela da superfície com temperatura mais baixa próximo a 1, onde se localiza um pequeno fragmento florestal, apesar desse setor estar no centro urbano, verifica-se temperaturas intermediárias mais baixas ficando na primeira classe do NDVI, devido à presença de arborização e áreas verdes, o que é positivo para a manutenção do comportamento térmico.

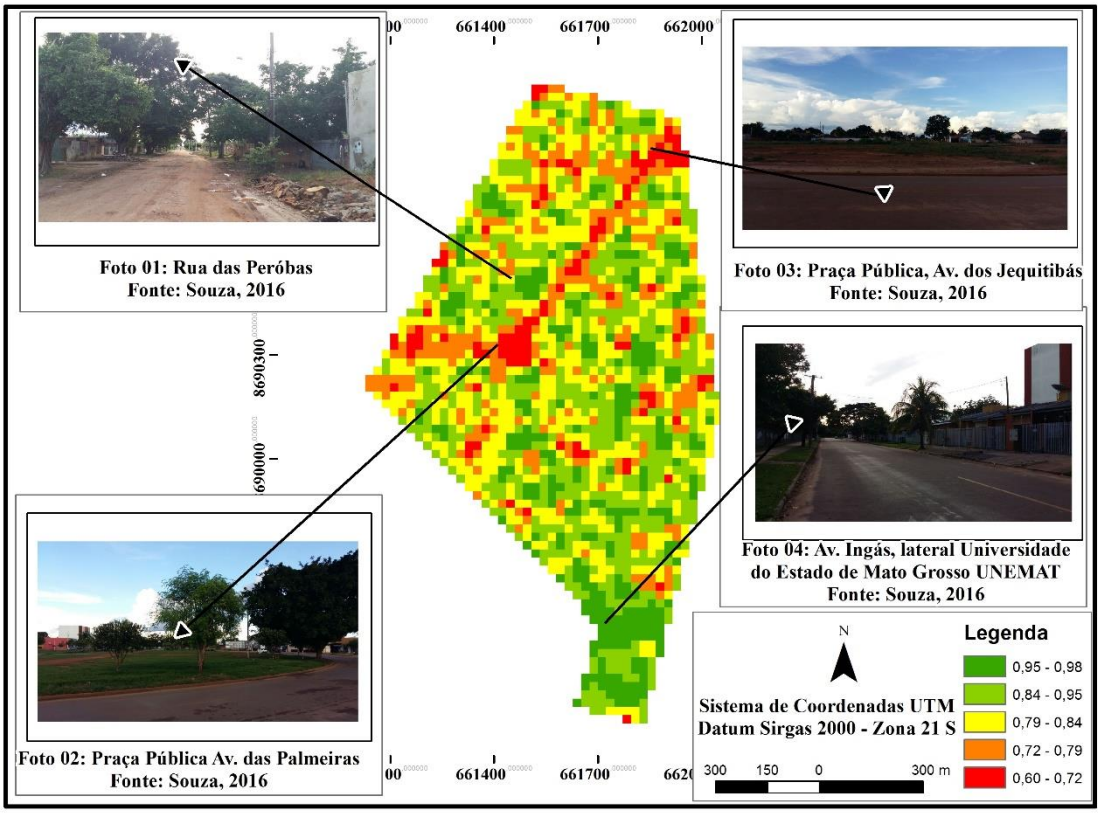

Fig. 2 Mapa NDVI, Zonas de calor e desconforto térmico e Áreas de analise destacadas.

Valores de NDVI superior que 0,6 estão relacionados à presença de vegetação abundante, e de 0,3 a 0,6 a cobertura de vegetação pouco densa e indicando áreas urbanas ocupadas ou de solo exposto. Sendo assim, a Figura 3 vem demonstrando como os resultados obtidos para a classificação supervisionada com as quantificações de uso do solo para o referido bairro que foram de: área de vegetação, 307.526,86 m² (28,25%); área impermeável, 496.489,68 m² (45,32%) e solo exposto (permeável), 284.403,34 m² (26,13%).

Demonstrando-se que a maior parte do bairro se apresenta com sua área construída, ou seja, impermeável, corroborando com a maior classe encontrada do NDVI de 0,3 a 0,6, acarretando maiores problemas em relação ao escoamento, enchentes e aumento da sensação térmica.

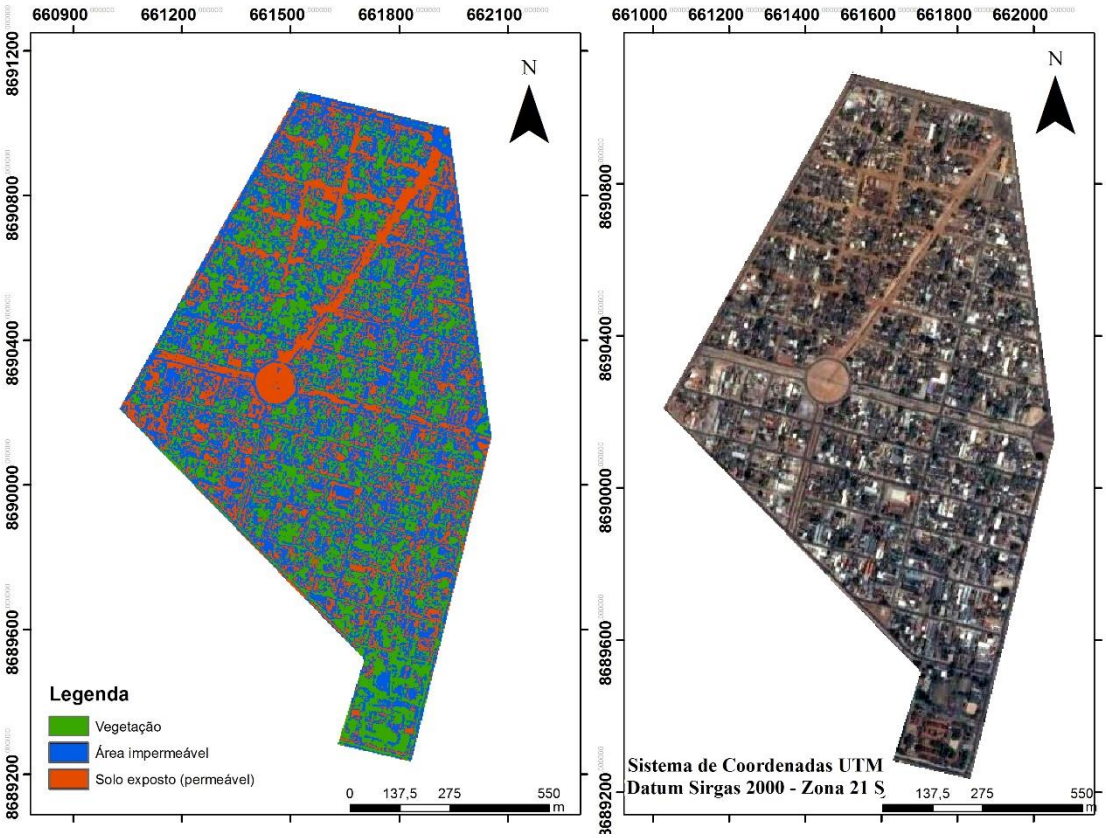

Fig. 3 Mapa Classificação Supervisionada e Imagem Google Earth 2013, Bairro Jardim Imperial.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tal ensaio metodológico apontou que, apesar de Sinop ser uma cidade do interior do norte do Estado de Mato Grosso, está em grande expansão e sua atmosfera é influenciada pelo tipo de uso e ocupação do solo, tanto nos fatores negativos, como positivos. A presença de vegetação no Bairro Imperial apresentou, nesse estudo um valor pouco significativo, entretanto foi possível verificar que sua existência se mostrou como um eficiente regulador térmico para as regiões, conforme apontou o mapa de temperatura da superfície NDVI.

Assim, é importante que o Poder Público Municipal tome ciência de resultados de pesquisas acadêmicas, nesse sentido, a fim de que sejam realizadas medidas mitigadoras no intuito de melhorar o conforto térmico urbano em áreas em que ilhas de calor estejam formadas, já que sua intensidade depende das condições micro locais da cidade como resultados das transformações da cobertura do solo e presença de vegetação que atuam fortemente melhorando o clima através da sombra e o fenômeno da evapotranspiração, além de outros benefícios.

Portanto, o NDVI demonstrou ser uma metodologia viável para o planejamento urbano do referido Bairro em relação ao conforto térmico e pode ser aplicado para a melhoria em locais pontuais do município como um todo em que o conforto se encontra comprometido, promovendo, assim, a compreensão dos impactos de mudanças de cobertura em relação à temperatura na superfície terrestre.

5 AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado vida, família e amigos.

Este trabalho não seria possível de ser realizado sem a colaboração da Prof.ª MSc. Sylvia Karla F. dos Santos e ao Prof. MSc. Ademilson S. de Oliveira, pela orientação, apoio, confiança e ao empenho dedicado a elaboração deste trabalho, meu muito obrigado.

As Professoras Gislaine Fabris e Eliza Fioravante Pelloso, pela colaboração junto com os patrocinadores que incentivaram e apoiaram para a elaboração deste trabalho, meu muito obrigado.

Aos meus pais e amigos pelo o incentivo e apoio incondicional.

6 REFERÊNCIAS

AMORIM, M.C.C.T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP. **Geosul** (UFSC), UFSC - Florianópolis, v. 20, n.39, p. 65-82, 2005.

Arnfield, A. John. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International journal of climatology**, v. 23, n. 1, p. 1-26, 2003.

Biondi D. Arborização urbana: aplicada à educação ambiental nas escolas. Curitiba: O Autor; 2008.

Brandão, A.M.P.M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: Monteiro, C. A. F. Mendonça, F.. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2009. 192 p.

Buyantuyev, A.; Wu, J. Urbanization alters spatiotemporal patterns of ecosystem primary production: a case study of the Phoenix Metropolitan Region, USA. **Journal Of Arid Environments**, V. 73, N. 4, p. 512-520, 2009.

CARVALHO, Márcia M. Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal. **(Dissertação de Mestrado apresentada de Pós - Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte)**. Natal, 2001.

CHEN, X., ZHAO, H., LI, P., YIN, Z. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensingof Environment,** v. 104, n. 2, p. 133-146, 2006.

Cruz, C.B.M.,Rosário, L.S., Abreu, M.B., Almeida, P.M.M, Vicens, R.S.,Cronemberger, F.M. Classificação orientada a objetos na geração do mapa de uso e cobertura da terra do estado do Rio de Janeiro. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 14, 2009, Natal. Anais... p. 7789-7796.

Dacanal C, Labaki L. C, Silva TML. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **Ambiente Construído 2010**; 10(2): 115-132.

Delgado, R. C.; Rodrigues, R. de Á.; Faria, A. L. L.; Pessôa, C. S. Uso do sensoriamento remoto na estimativa dos efeitos de ilhas de calor. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.25, p. 69-80, 2012.

DUMKE, E. M. S., Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade: uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba. **Tese de Doutorado.** Curitiba: UFPR, 2007.

Lima E. M No. Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR [dissertação]. Curitiba: **Universidade Federal do Paraná,** 2011.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Avaliação da arborização urbana pelos residentes – estudo de caso em Marechal Cândido Rondon, Paraná. **Revista Ciência Florestal, v.11, n. 1, p. 189 –193**, 2001.

MING, Tsay Chu; LIU, William Tse Horng. Estimativa de albedo, temperatura e NDVI do Estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia,** 11. 2000. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CBMET, 2000.

Nascimento, D. T. F. 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). 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - **Universidade Federal de Goiás, Goiânia**. 2011.

Orhan, O.; Ekercin, S.; Dadaser-Celik, F. Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. **The Scientific World Journal,** v. 2014, p. 1-11, 2014.

ORTIZ, G. F. Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota/SP a partir da imagem de satélite Landsat 7. **Revista Geográfica de América Central, San José/Costa Rica**, v. 43E, p. 1-16, 2011.

Wang, W.; Zhu, L.; Wang, R. An analysis on spatial variation of urban human thermal comfort in Hangzhou, China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 16, n. 2, p. 332-338, 2004.

Weng, Q.; Lu, D.; Schubring, J. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of Environment**, v. 89, n. 4, p. 467-483, 2004.

Ya, M.; Yaoqiu, K.; Ningsheng, H. Coupling urbanization analyses for studying urban thermal environment and its interplay with biophysical parameters based on TM/ETM+ imagery. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 12, n. 2, p.110-118, 2010.

Yuan, F.; Bauer, M. E. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, n. 3, p. 375-386, 2007.

Zhang, Y.; Odeh, I. O. A.; Han, C. Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 11, n. 4, p. 256-264, 2009.