

ÁREAS VERDES E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA CIDADE DE TRÊS LAGOAS/MS

BRAZ, Adalto Moreira¹; KUNKEL, Arne Christian²; BONI, Paola Vicentini³; BRAZ, Amanda Moreira⁴; MARTINS, Alécio Perini⁵

Recebido (Received): 2017-09-22 Aceito (Accepted): 2018-03-28

Resumo

O trabalho aborda o tema das áreas verdes e a sua relação com a temperatura da superfície na cidade de Três Lagoas/MS. Avaliar, representar e relacionar as áreas verdes com a temperatura da superfície e levantar questões sobre o uso e cobertura da terra na área urbana foram os objetivos adotados. Entremeadado ao aporte e potencial metodológico coube uma discussão para a classificação, ainda que em primeiras aproximações, das atuais áreas verdes, em potencialidades ou as já efetivas para a população. Os procedimentos adotados se mostraram satisfatórios para atingir os objetivos propostos. O Processamento Digital de Imagens (PDI) proporcionou o mapeamento do uso da terra, do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e da temperatura da superfície terrestre (*Land Surface Temperature – LST*), a partir da estimativa da emissividade da superfície terrestre. Com isso, a metodologia colaborou com o levantamento de dados, informações e resultados que aproximem esta temática para futuros trabalhos de planejamento, biologia, climatologia e biogeografia urbana na cidade de Três Lagoas. No mapeamento de uso da terra, como esperado para uma cidade, a maior classe foi a “área urbana consolidada” e, numa relação ao uso da terra, os valores do NDVI foram considerados baixos. No que tange à identificação das áreas verdes, identificou-se 7 áreas na cidade, relevando as características adotadas para a caracterização. Por fim, identificou-se na cidade um grande potencial que ainda é pouco aproveitado em relação as áreas verdes.

Palavras-chave: Planejamento Urbano; Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento; SIG.

ESPACIOS VERDES Y TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE EN LA CIUDAD DE TRÊS LAGOAS, MS

Resumen

El trabajo aborda el tema de los espacios verdes y su relación con la temperatura de la superficie en la ciudad de Três Lagoas/MS. Evaluar, representar y relacionar los espacios verdes con la temperatura de la superficie y plantear cuestiones sobre el uso y cobertura de la tierra en el área urbana fueron los objetivos adoptados. Entremezclado al aporte y al potencial metodológico cupo una discusión para la clasificación, aunque en primeras aproximaciones, de los actuales espacios verdes en potencialidad o los ya existentes para la población. Los procedimientos adoptados se mostraron satisfactorios para alcanzar los objetivos propuestos. El Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) proporcionó el mapeo del uso de la tierra, del Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI) y de la temperatura de la superficie terrestre (*Land Surface Temperature – LST*) a partir de la estimación de la emisividad de la superficie terrestre. Con esto, la metodología colaboró con el levantamiento de datos, informaciones y resultados que aproximen esta temática para futuros trabajos de planificación, biología, climatología y biogeografía urbana en la ciudad de Três Lagoas. En el mapeo de uso del suelo como esperado para una ciudad, la mayor clase fue la "zona urbana consolidada" y en una relación del uso del suelo, los valores del NDVI se consideraron bajos. En referencia a la identificación de los espacios verdes, se identificaron siete espacios en la ciudad, relacionando las características adoptadas para la caracterización. Por fin, se identificó en la ciudad un gran potencial que todavía tiene poco aprovechamiento con relación a los espacios verdes.

Palabras clave: Planificación Urbana; Detección Remota; Geoprociamiento; SIG.

¹ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí.

² Mestrando em Ciências do Ecossistema Urbano pela Universidade Técnica de Berlim.

³ Graduanda no curso de Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Campus Três Lagoas.

⁴ Graduanda no curso de Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Campus Três Lagoas.

⁵ Professor Doutor, do curso de Graduação e do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí.

GREEN URBAN AREAS AND SURFACE TEMPERATURE IN THE CITY OF TRÊS LAGOAS/MS

Abstract

This article addresses the green urban areas theme and its relation with surface temperature in the city of Três Lagoas/MS. Assessing, representing and relating green areas to surface temperature and raising questions about land use and land cover in the urban area were the objectives adopted as a first step towards developing the study. Although this was only the first approach, an intermixed of valuable inputs and high potential methodology, there was an interspersed discussion of classification of existing green areas as potentialities or those ones which have already been indicated as effective for the population. The procedures adopted were satisfactory in order to achieve the proposed objectives. The Digital Image Processing (PDI) has provided land use mapping, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the actual land surface temperature, based on the estimation of the emissivity of the terrestrial surface. With this, the methodology has collaborated with the collection of data collection, information and results which approximate this theme to future planning, biology, climatology and urban biogeography works in the city of Três Lagoas. In land-use mapping, as it is expected in a city, the largest class was the “dense urban area” with low NDVI. Regarding the identification of green urban areas, it was identified seven areas in the city, highlighting the characteristics adopted for the characterization. Lastly, a great potential has been identified in the city of which remains unused.

Keywords: Urban Planning; Remote Sensing; Geoprocessing; GIS.

1 Introdução

A discussão deste trabalho pretende ultrapassar a noção de aplicação metodológica ou estudo de caso aplicando técnicas de geotecnologias sobre uma determinada área urbana, almejando então, discutir e compreender a distribuição e importância das áreas verdes urbanas enquanto elementos físicos de bem-estar social para a população, observando, acima de tudo, o seu potencial enquanto uma das variáveis responsáveis por regular o conforto térmico na área urbana.

Neste sentido, ao se estudar as áreas verdes tem-se a preocupação de sistematicamente compreender a cidade como o espaço urbano, enquanto as áreas verdes são tratadas como partes segmentadas, formando uma conexão com os processos e funções urbanas.

Adota-se neste trabalho o conceito de áreas verdes, podendo estas áreas serem de propriedade pública ou particular, delimitadas ou não por órgãos responsáveis (públicos ou privados), tendo objetivo de preservar a arborização, constituir áreas protegidas por diversos motivos ou por opção de estética da paisagem urbana.

Área Verde: onde há o predomínio de vegetação arbórea; engloba as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais e trevos de vias públicas, que tem apenas funções estética e ecológica, devem, também, conceituar-se como Área Verde. Entretanto, as árvores que acompanham o leito das vias públicas, não devem ser consideradas como tal. Como todo Espaço Livre, as Áreas Verdes também devem ser hierarquizadas, segundo sua tipologia (privadas, potencialmente coletivas

e públicas) e categorias, das quais, algumas são descritas a seguir (LIMA et al., 1994, p. 548, grifo do autor).

A arborização urbana e a constituição de áreas verdes, apesar de terem se tornado um dos motivos de preocupação no Brasil, de ambientalistas a profissionais da saúde, ainda não se tornaram objetos de preocupação por parte, principalmente, das prefeituras, de suas secretarias e seus gestores.

Cox (2008, p. 1) considera que

Uma das mais importantes modificações associada à urbanização é a alteração das características térmicas da superfície, decorrente da presença de edificações e materiais de construção quando comparada às áreas verdes. Tais materiais aumentam a absorção de energia bem como a impermeabilização da superfície. Além disso, o aumento da rugosidade urbana altera os padrões de circulação do ar. E as atividades antrópicas, por sua vez, modificam a atmosfera urbana pela adição de calor e material particulado (COX, 2008, p. 1).

Apesar disso, são reconhecidos inúmeros benefícios trazidos pelas áreas verdes urbanas, como a qualidade do ar a ser respirado, proteção do solo contra erosão (a depender das características de entorno) proteção contra a força dos ventos, diminuição da poluição sonora, absorção da poluição atmosférica, contribuição para o refúgio da fauna, além de amenizar as questões climáticas por meio das amplitudes térmicas e a ampliação da biodiversidade presente nas cidades (SABADINI JUNIOR, 2017).

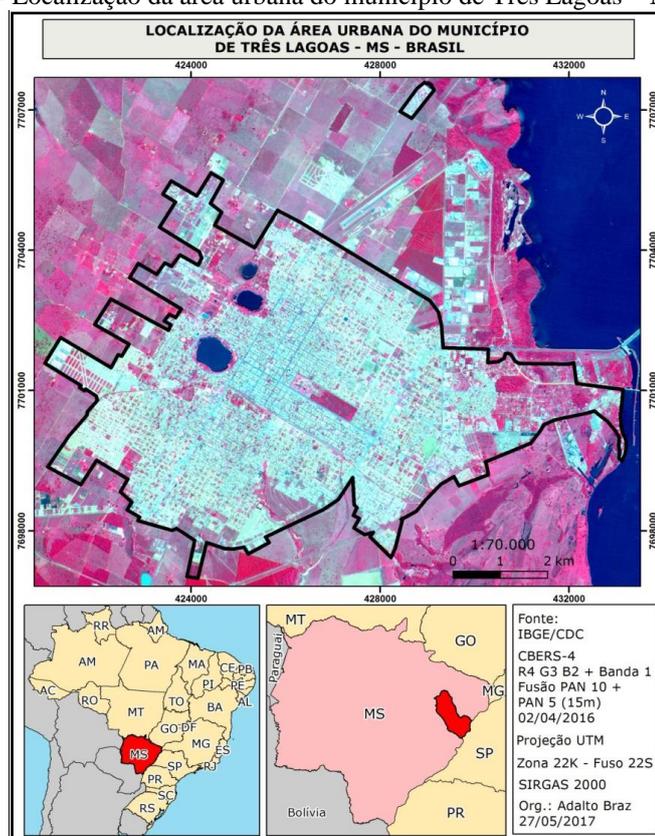
O município de Três Lagoas está localizado na porção leste do Estado de Mato Grosso do Sul, com população de 115.561 habitantes, estimada para o ano de 2016, distribuídas num total de 38.111 domicílios. A cidade apresentava 9,97 hab./km² de densidade demográfica no ano de 2010 (IBGE, 2010). A prefeitura estimou uma taxa para a expansão da mancha urbana de 40 km² e 61 km² para os anos de 2005 e 2016, respectivamente, concluindo que a cidade de Três Lagoas/MS cresce aproximadamente 2,1 km² por ano (TRÊS LAGOAS, 2016). A área adotada como objeto de estudo neste trabalho possui 49,89 km² e foi delimitada a partir da consideração da área urbana utilizada, de alguma maneira, como área residencial pela população. Ou seja, em toda a delimitação existem áreas comerciais, de serviços, etc., mas obrigatoriamente no perímetro definido existem áreas residenciais. (Figura 1).

Notadamente, ao tratar do município de Três Lagoas/MS, as pesquisas de planejamento urbano ainda são limitadas e em quantidades reduzidas. De maneira estrita, a abordagem de áreas verdes da cidade de Três Lagoas não ganhou, até o presente momento, uma tratativa sobre sua representação, quantidade (áreas) e importância para a área urbana.

A partir desta asserção, este trabalho teve como objetivo avaliar a temperatura da superfície terrestre (*Land Surface Temperature* – LST), discutir o contexto das áreas verdes na

legislação municipal, identificar e representar as áreas verdes na cidade de Três Lagoas/MS. Em termos específicos, levantou-se questões sobre o uso e cobertura da terra na área urbana do município, a quantidade e distribuição das áreas verdes e a sua relação com a temperatura da superfície terrestre (LST). Pretendeu-se partir de uma análise de caráter macro sobre a distribuição e presença destas áreas verdes na cidade de Três Lagoas/MS e sua influência na temperatura da superfície, bem como levantar questões sobre suas deficiências e potencialidades para efetivações enquanto equipamentos urbanos de qualidade ambiental e social.

Figura 1 - Localização da área urbana do município de Três Lagoas – MS – Brasil.



Fonte: Autores (2017).

Há um anseio em contribuir para dados e bibliografia sobre a temática na cidade de Três Lagoas, que ainda é limitada neste tema em discussões acadêmicas/científicas e, por isso, apresentou-se ao final algumas perspectivas e propostas para futuros estudos, que surgem como questionamentos à serem continuados, acompanhados de dúvidas que pairam ao longo de alguns dos resultados aqui discutidos.

O trabalho baseou-se na aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto apropriando-se de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e softwares de Processamento Digital de Imagem (PDI). Como referencial teórico e metodológico para o PDI

das imagens de satélite, baseou-se em autores como Rouse (1973), Ndossi e Avdan (2016a; 2016b), Zhang, Wang e Li (2006), entre outros e o conceito de áreas verdes definido como base no trabalho foi proposto por Lima et al. (1994).

1.1 Contextualização sobre as áreas verdes e sua seguridade na legislação municipal

Na cidade de Três Lagoas, como na maioria das cidades brasileiras, as áreas verdes (quando levantadas essa questão) surgem em grande parte na forma de legislações e dispostas no plano de diretor municipal.

Na esfera do poder municipal, o planejamento e a gestão das áreas verdes estão previstos no Plano Diretor e são definidas segundo critérios de desenvolvimento e expansão urbana. De maneira geral, nestes planos, a acepção do termo possui um caráter abrangente, e comumente refere-se ao espaço onde há o predomínio de vegetação, englobando as praças, os jardins, as unidades de conservação, os canteiros centrais de ruas e avenidas, trevos e rotatórias de vias públicas. (LONDE e MENDES, 2014, p. 265).

Cabe neste item recorrer a duas leis que dispõem sobre as áreas verdes no município ou, ao menos, dispõem sobre variáveis que se aproximem das áreas verdes (arborização de calçadas ou vias, dentre outras). São as leis nº 2.083/2006 (posteriormente revogada pela Lei nº 3.211/2016) e nº 2.277/2008.

A Lei nº 2.083/2006 institui o plano diretor do município de Três Lagoas/MS e dá outras providências. No âmbito do plano diretor, o Art. 10 que trata sobre os objetivos gerais da política urbana, delibera no Caput VI “elevar a qualidade de vida da população, proporcionando saneamento ambiental, infraestrutura, serviços públicos, equipamentos sociais e espaços verdes e de lazer qualificado”, trazendo os espaços verdes como termo generalizado, podendo, ou não, envolver áreas verdes com vegetação arbórea. As áreas verdes somente são tratadas com uma especificidade maior no Art. 25, Caput XXVI que delibera sobre “implementar uma política municipal de implantação e conservação de áreas verdes e de lazer, públicas e privadas”.

No plano diretor, principal instrumento de gestão municipal, fica evidente a defasagem nas disposições e exigências quanto áreas verdes na cidade de Três Lagoas.

No que seria outra oportunidade para o município tomar importância das áreas verdes, mas não o faz com a devida preocupação necessária, foi através da Política do Meio Ambiente do Município, materializada na forma da lei municipal nº 2.277/2008.

Esta lei, tem – ou deveria ter – um interesse em relação às áreas verdes do município, conforme estabelecido no Art. 7, item B do Caput III, sobre a competência da antiga Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Agronegócio, Pecuária, Ciência e Tecnologia (atual Secretaria

Municipal de Meio Ambiente e Agronegócio), em coordenar o planejamento ambiental da cidade, que dentre outros meios, o item B cita a arborização urbana.

Acima foram apresentados alguns pontos de interesse sobre áreas verdes que constam na Lei nº 2.277/2008. No entanto, assim como na lei apresentada anteriormente, há uma desorientação no que tange à diretrizes sobre as áreas verdes no município.

Neste momento, cabe a discussão da Lei nº 3.211/2016, que altera dispositivos da Lei nº 2.083/2006 (Plano Diretor) e dá outras providências. Nesta lei mais recente, há uma evidente preocupação com as áreas verdes urbanas, a ponto destas áreas ganharem notoriedade no Art. 28 que estabelece a criação do Sistema de Áreas Verdes para a cidade de Três Lagoas. Este sistema será “constituído pelo conjunto de áreas protegidas pela legislação ambiental, em os parques, as praças, as faixas de APPs, os logradouros públicos, as ciclovias e os espaços livres” e “será implementado através de um projeto de Circuito Verde, com a finalidade de conectar e integrar todas as áreas do sistema entre si, e com outros elementos de interesse para o meio ambiente urbano, o lazer e o turismo” (TRÊS LAGOAS, 2016, p. 2-3).

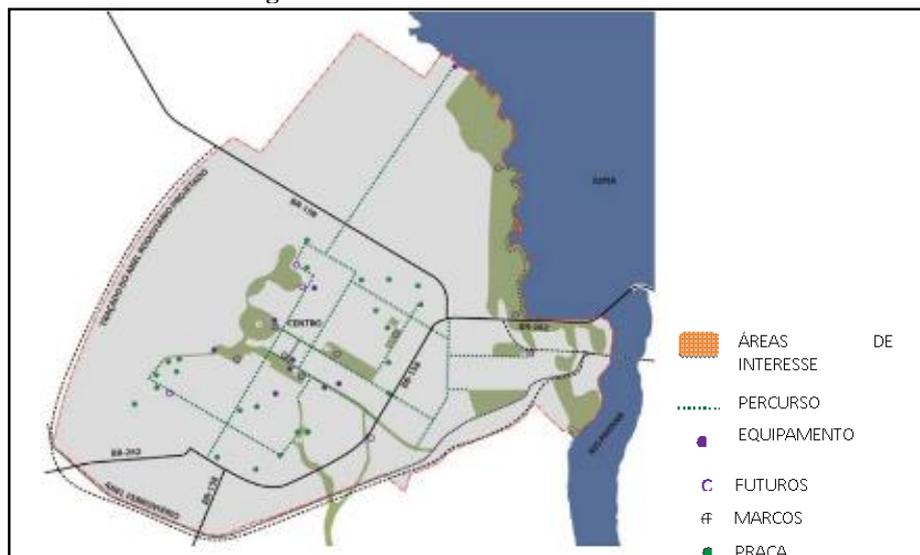
O Sistema de Áreas Verdes tem como objetivos a I) proteção da biodiversidade, a II) proteção dos remanescentes de mata e das faixas de APPs e, III) ampliação e qualificação das áreas verdes públicas.

Portanto, é preciso considerar o grande avanço na legislação municipal, no que tange as áreas verdes, entre os anos de 2006 (Plano Diretor) e 2016 (atualização do Plano Diretor).

Por último, considerado como o ponto alto das novas atualizações para o plano diretor que envolvam as áreas verdes, há a exigência da elaboração do projeto do circuito verde, mantido como uma das diretrizes prioritárias da ação do município. Este sistema se constitui pela área do monumento natural das lagoas (prevista como a nova unidade de conservação municipal), a antiga estação ferroviária, a área desativada da ferrovia, a área do exército, a APP do Córrego da Onça, das Capivaras, do Jupuíá, a área da Pedreira (conhecida como Cascalheira) e o Cinturão Verde (Figura 2).

A maior parte das áreas acima citadas foram consideradas como áreas verdes na cidade de Três Lagoas (ver resultados do trabalho), considerando a diferença entre os limites da Lei nº 3.211/2016 e das delimitações geradas a partir dos resultados aqui apresentados. Não são consideradas apenas as Capivaras, parte do Jupuíá e a Pedreira (Cascalheira), devido ao perímetro urbano definido neste trabalho, em que estas áreas ficam nas adjacências do limite aqui adotado.

Figura 2 - Sistema de áreas verdes.



Fonte: Três Lagoas (2016).

Enquanto as ações da prefeitura municipal, cabe aqui destacar “Áreas mais Verdes”, recentemente lançado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Agronegócio, “que se trata de uma iniciativa de revitalização de áreas verdes públicas como praças, canteiros centrais, jardim e outros espaços públicos por meio de arborização e paisagismo com participação ativa da sociedade, promovendo conscientização e educação ambiental” (TRÊS LAGOAS, 2017a; 2017b; 2017c).

Portanto, é notável que nas leis apresentadas o que se encontram são deliberações a respeito de espaços verdes ou arborizações urbanas, quase sempre relacionadas à lotes e calçadas na cidade. De modo indireto, arborizações podem contribuir e, em alguns casos, serem consideradas como áreas verdes, entretanto, para a cidade de Três Lagoas, neste trabalho distinguiu-se as áreas verdes de arborizações.

A preocupação com maior proximidade do conceito áreas verdes, surge apenas no ano de 2016, com a criação do Sistema de Áreas Verdes e o projeto Áreas mais Verdes. Além disso, há uma confusão generalizada nos municípios brasileiros, que resultam em maiores dificuldades para se consolidar o conceito de áreas verdes urbanas e inserir estes espaços no planejamento urbano, o que reflete num declínio das áreas verdes, má qualidade e gestão de infraestruturas (quando) presentes nestes espaços. A gestão municipal deu um passo importante com a intenção de criar um Sistema de Áreas Verdes em Três Lagoas, mas ainda mantém confusões em relação a espaços verdes (generalizados) de áreas verdes urbanas.

2 Metodologia

A análise da temperatura da superfície da área urbanizada da cidade de Três Lagoas/MS foi calculada a partir de PDI usando imagens de satélite de distribuição gratuita. A seguir são detalhados os procedimentos de aquisição das imagens utilizadas, dos softwares onde foram realizados o PDI e as etapas finais de geração dos mapas e tabelas.

2.1 Escolha da área de estudo

Primeiramente, preocupou-se em delimitar a área de estudo de maneira que fosse representativa com os objetivos e aplicações propostas no trabalho. Desta forma, a área de estudo em questão, difere-se da proposta do perímetro urbano definido pela Prefeitura Municipal para o município de Três Lagoas/MS.

A justificativa para a delimitação de um novo perímetro perpassa os seguintes momentos: 1) O perímetro urbano considerado no Plano Diretor pela Prefeitura Municipal de Três Lagoas/MS envolve áreas ainda não construídas e, por isso, não ocupadas por residências (moradores). Caracterizadas, em geral, pelos chamados “vazios urbanos”; 2) O perímetro urbano considerado no Plano Diretor, envolve áreas como alguns dos distritos industriais e o aeroporto municipal, que, atualmente estão totalmente desprovidos de residências.

Diante do exposto, houve a necessidade de modificar os limites do que foi considerado como área urbana neste trabalho. Logo, adotou-se um novo limite que abrange apenas a extensão do perímetro urbano do município que contém residências, dentre outras ocupações. Nesta nova delimitação, a área total de estudo foi de 49,89 km², composta com um segmento de 49,65km² (área contínua e parte do perímetro urbano válido pela Prefeitura Municipal) e outro segmento de 0,23km² (pequena área separada em outro segmento, composta exclusivamente pelo residencial Village do Lago).

2.2 Aquisição dos dados

As imagens de satélite utilizadas tanto para o cálculo da temperatura da superfície como para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, sigla em inglês) foram captadas pelo satélite Landsat 8.

As imagens do Landsat 8 são de distribuição gratuita e foram adquiridas através do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, sigla em inglês). A data do imageamento foi em 13/03/2016, correspondendo a órbita 223 e ponto 74. Foram adquiridos dados dos sensores

The Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1 - Características dos sensores OLI e TIRS.

Sensor	Banda	Intervalo Espectral (μm)	Resolução Espacial (m)	Resolução Temporal	Largura da Faixa Imageada (km)	Resolução Radiométrica
OLI	1	0,43 – 0,45	30 (15 na banda 8)	16 dias	185	16bits
	2	0,45 – 0,51				
	3	0,53 – 0,59				
	4	0,64 – 0,67				
	5	0,85 – 0,88				
	6	1,57 – 1,65				
	7	2,11 – 2,29				
	8	0,50 – 0,68				
	9	1,36 – 1,38				
TIRS	10	10,60 – 11,19	100 (reamostrados para 30)			
	11	11,50 – 12,51				

Fonte: USGS – Landsat 8 (2016).

Para o mapeamento de localização e uso e cobertura da terra da área urbanizada de Três Lagoas foram adquiridas imagens do satélite CBERS 4. As imagens deste satélite são de distribuição gratuita, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através de sua Divisão de Geração de Imagens (DGI).

As imagens são referentes a órbita 161 e ponto 123 e foram captadas na data de 02/04/2016. Para o CBERS 4 foram adquiridas apenas imagens dos sensores PAN 10 e PAN 5 (Quadro 2), para posterior fusão das imagens.

Quadro 2 - Características do sensor do PAN.

Sensor	Banda	Intervalo Espectral (μm)	Resolução Espacial (m)	Resolução Temporal	Largura da Faixa Imageada (km)	Resolução Radiométrica
PAN	1	0,51 - 0,85	10 (5 na banda 1)	5 dias	60km	8bits
	2	0,52 - 0,59				
	3	0,63 - 0,69				
	4	0,77 - 0,89				

Fonte: INPE – CBERS 4 (2016).

Optou-se pela escolha dos dois satélites mencionados devido a diferenciação de suas resoluções espaciais. O CBERS 4 possui acoplado o sensor Imageador Multiespectral e Termal (IRS, na sigla em inglês) que disponibiliza uma de suas bandas no intervalo espectral da região termal, no entanto com resolução espacial de 80m e resolução radiométrica de 8bits. Enquanto o satélite Landsat 8 possui acoplado o sensor TIRS, que capta imagens com 100m de resolução espacial e 16bits de resolução radiométrica, no entanto, para a distribuição ao usuário final essas imagens são reamostradas para 30m de resolução espacial, para combinar com a resolução

espacial das bandas multiespectrais do sensor OLI. Com isso, utilizando o sensor TIRS, há um ganho em resolução espacial e radiométrica, principais parâmetros adotados pelos autores nos procedimentos, visto que qualquer ganho enquanto detalhes para os mapeamentos são de maior proveito ao trabalho.

Já na questão do mapeamento de uso e cobertura da terra, optou-se em utilizar imagens do satélite CBERS 4. Novamente ao se fazer uma comparação, temos que o Landsat 8 disponibiliza bandas multiespectrais captadas pelo sensor OLI com resolução espacial de 30m e resolução radiométrica de 16bits. Além de uma das bandas com 15m (pancromática) de resolução espacial, podendo realizar fusão de imagens. Entretanto, o CBERS 4 capta imagens com 10m de resolução espacial nas bandas multiespectrais e 5m na banda pancromática, possibilitando a fusão das imagens para obter uma imagem multiespectral final com 5m de resolução espacial.

As imagens do Landsat 8 usadas foram imageadas na data de 13/03/2016, enquanto as imagens do CBERS 4 foram imageadas em 02/04/2016. Intervalo mais próximo possível de imagens com qualidade (sem nuvens, principalmente) disponíveis. Neste intervalo de 20 dias verificou-se que não houveram mudanças significativas na configuração espacial da área urbana da cidade de Três Lagoas/MS, validando o uso das imagens a nível de comparação.

A seguir são descritas algumas das principais características dos intervalos espectrais e suas respectivas bandas adotadas para os mapeamentos de temperatura da superfície, NDVI e uso e cobertura da terra.

2.3 Processamento Digital de Imagens (PDI)

A etapa de PDI foi subdividida em quatro momentos, sendo o pré-processamento das bandas, o PDI das bandas do sensor PAN para gerar o mapeamento de uso e cobertura da terra, o PDI das bandas do sensor OLI para geração do NDVI e o PDI da banda termal do sensor TIRS para a geração da temperatura da superfície terrestre (*Land Surface Temperature – LST*).

2.3.1 Pré-processamento

O pré-processamento envolveu, primeiramente, a reprojeção das imagens do sensor TIRS e PAN. As imagens do sensor TIRS foram reorientadas para o fuso 22 Sul, mantendo a projeção e o datum (UTM – SIRGAS). Enquanto as imagens do sensor PAN foram reprojetaadas do datum WGS 1984 para SIRGAS 2000, mantendo a projeção UTM (fuso 22 Sul).

As imagens do sensor PAN foram retificadas tomando como base a imagem da banda 8 (pancromática) do sensor OLI, para amenizar a diferença posicional entre as cenas. Os procedimentos de pré-processamento anteriormente descritos foram realizados em Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando-se do ArcGIS 10.4®, nos módulos ArcMAP e ArcCatalog.

2.3.2 PDI das bandas do sensor PAN (uso e cobertura da terra)

As bandas foram compostas para a geração de uma imagem multiespectral colorida. Para isso, usou-se inicialmente as bandas 4(R), 3(G) e 2(B) deste sensor, resultando numa imagem colorida final com 10m de resolução espacial. Conforme a disponibilização da cena pancromática (banda 1) do sensor PAN, a imagem composta foi fusionada, resultando numa imagem final de 5m de resolução espacial.

Os procedimentos de composição colorida e fusão das imagens foram realizados no SIG ArcGIS, no módulo ArcMap.

Para a classificação de uso e cobertura da terra, a imagem foi importada e utilizou-se do software de PDI eCognition®. Para o procedimento de classificação, a imagem foi segmentada por regiões utilizando o algoritmo *multiresolution segmentation*. Posteriormente utilizou-se do algoritmo *Spectral Difference Segmentation* para unir os limites das regiões criadas na segmentação, a partir da diferença espectral, de modo a unir regiões homogêneas de segmentação. Posteriormente foram coletadas amostras de usos denominadas de água, área urbana consolidada, vegetação e área de expansão urbana. Por fim, foi executado o algoritmo *classification*, resultando na classificação do uso da terra da área urbanizada da cidade de Três Lagoas.

2.3.3 PDI das bandas do sensor OLI (NDVI)

Para a geração do NDVI utilizou-se as bandas 4 (vermelho – 0,64µm a 0,67µm) e 5 (infravermelho próximo – 0,85µm a 0,88µm).

Antecedendo a criação do NDVI, as imagens foram submetidas a processamentos de correção atmosférica, visando a conversão dos números digitais (ND) em grandezas de radiância (equação 1) e posteriormente reflectância (equação 2).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Onde, L_λ representa a radiância espectral no topo da atmosfera; M_L o fator multiplicativo reescalado da radiância para a banda específica; Q_{cal} o valor do ND do pixel; e A_L o fator aditivo reescalado da radiância para a banda usada.

$$\rho\lambda' = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (2)$$

Onde, $\rho\lambda$ representa a reflectância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar; M_ρ o fator multiplicativo reescalado da reflectância para a banda específica; L_λ a radiância espectral; e A_ρ o fator aditivo reescalado da reflectância para a banda usada.

Após as correções, iniciou-se o processo de geração do NDVI, que é um índice de vegetação e pode ser calculado por razão, diferença e soma da combinação de duas bandas espectrais das regiões do vermelho e infravermelho próximo. Para o cálculo de extração do NDVI, proposto por Rouse et al. (1973), a equação é disposta da seguinte forma (equação 3).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (3)$$

Onde, NIR = reflectância para banda do infravermelho próximo (NIR – near-infrared) e Red = reflectância para a banda do vermelho.

Os resultados do NDVI vão de -1 a 1, onde os valores mais próximos de 1 representam áreas com maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto os valores mais próximos de -1 representam áreas com menor quantidade de vegetação.

2.3.4 PDI da banda do sensor TIRS (temperatura da superfície terrestre)

A temperatura da superfície “é determinada a partir da detecção da radiação de ondas longas, emitida na faixa do infravermelho, e detectada por sensores orbitais” (GUSSO, FONTANA e GONÇALVES, 2007, p. 231).

De acordo com Lombardo (1990, p. 164),

A radiação solar que entra na cidade é menor devido à grande quantidade de aerossóis. No entanto, ocorre um aumento da radiação emitida pela cidade, no espectro de ondas longas, causadas por temperaturas de superfície mais elevadas como concreto, tijolos, asfalto e outros materiais de construção. Em condições principalmente de calmaria, em que há poucas trocas turbulentas, grande parte da energia irradiada volta à construção urbana através da reemissão radioativa de onda longa pela atmosfera (LOMBARDO, 1990, p. 164).

Previamente aos processamentos para se obter a imagem de temperatura da superfície terrestre (LST), foram organizadas informações referentes ao tempo na data de imageamento

do sensor TIRS. As informações que pudessem influenciar no resultado final e ao mesmo tempo serem utilizadas como indicativos para consistência do resultado da temperatura da superfície foram dispostos na tabela 1. Os dados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e coletados junto ao metadado do sensor TIRS disponibilizado pelo USGS.

Para se obter os dados de temperatura da superfície para a banda 10 (infravermelho termal – 10,60 a 11,19 μ m) do sensor TIRS, foram realizados os procedimentos de conversão de ND em grandezas de radiância (Equação 1) e conversão da imagem com os valores de radiância numa imagem de temperatura de brilho no sensor (Equação 4).

Tabela 1 - Informações de aquisição das imagens do satélite Landsat 8.

Informações da Imagem de Satélite	
Landsat 8*	
Condições Meteorológicas às 13:30h UTC – 10:30h horário de Brasília – 09:30h aproximadamente do horário local	
Data	13/03/2016
Hora UTC/Local	13:28:07 / 09:30
Dia da semana	Domingo
Elevação solar	53,90°
Azimete solar	64,98°
Temperatura do ar (°C)	25,7*
Precipitação (mm)	0,0*
Umidade Relativa do Ar (%)	63*
Velocidade do vento – rajada máxima (m/s)	3,7*
Direção do vento (graus)	78°*

Fonte: INMET (2016); USGS – Landsat 8 (2016). Adaptado de Nascimento (2011).

*Estação meteorológica automática de Três Lagoas, fixada a 313m de altitude e localizada a aproximadamente 2,5km, em linha reta, do centro da cidade de Três Lagoas (uma das áreas com maior densidade de urbanização).

Posteriormente utiliza-se do NDVI para gerar uma imagem de emissividade da superfície e finalmente calcula-se a temperatura da superfície terrestre (LST) a partir da razão entre imagens de correspondentes a temperatura de brilho no sensor e emissividade da superfície. Optou-se por aplicar uma metodologia que indicasse valores da temperatura da superfície terrestre (LST), a partir da modelagem entre a temperatura de brilho no sensor e valores da emissividade. Já que a modelagem tende a apresentar valores mais confiáveis em relação à temperatura da superfície, em contrapartida aos valores da temperatura de brilho no sensor, que apresenta temperaturas estimadas a partir de grandezas físicas captadas pelo sensor do satélite.

Ao modo que fosse possível obter resultados concisos, realizou-se a correção atmosférica na banda 10 e com as imagens corrigidas para grandezas de radiância, utilizou-se destes dados para gerar a imagem de temperatura brilho no sensor (Equação 4).

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (4)$$

Onde, T é a temperatura de em Kelvin, L_λ a radiância espectral, e K1 e K2 são as constantes de conversão térmica para a banda usada.

O próximo passo consiste na geração de uma imagem representando valores de emissividade da superfície gerada a partir dos dados de NDVI. A aplicação prática entre o relacionamento do NDVI e emissividade da superfície pode ser realizada por dados de satélite. Conforme o trabalho de Van de Griend e Owe (1993), os autores explicam que a reflectância medida pelo satélite é integrada aos pixels que formam a estrutura da imagem e, se comparadas à dados levantados em campo, são representativas de acordo com a superfície correspondente aos valores médios de uma série levantada.

Para a estimativa da temperatura superficial a partir de imagens de satélite, é necessário avaliar a emissividade da superfície e corrigir o efeito atenuante da atmosfera, visto que seus componentes (vapor d'água, CO₂, O₃, aerossóis e outros gases de menor influência) diminuem a intensidade da radiância detectada pelos sensores do satélite. A emissividade depende da composição do objeto, da forma de sua superfície e de suas características físicas. Outro aspecto importante, é que seu valor se modifica em função do comprimento de onda e com o ângulo de observação do objeto. Estimativa da temperatura da superfície permitem estabelecer correlações entre os diversos tipos de uso e ocupação do solo, o que viabiliza diversos estudos em meso e microescalas na área de meio ambiente, planejamento urbano, arquitetura e urbanismo, dentre outras (CALLEJAS, 2011, p. 209).

De acordo com Zhang, Wang e Li (2006) e Ndossi e Avdan (2016a), quando se tem o NDVI de uma determinada área, conhecendo seus valores é possível estimar a emissividade da superfície terrestre. A emissividade da superfície é estimada para cada pixel da imagem de NDVI, de acordo com a classe proposta pelos autores, na qual este pixel se enquadra. A relação logarítmica foi proposta por Griend et al. (1992), conforme mostrado na tabela 2.

Tabela 2 - Valores usados para estimar a emissividade da superfície a partir de valores do NDVI.

NDVI	Emissividade da Superfície Terrestre
NDVI < -0,185	0,995
-0.185 ≤ NDVI < 0,157	0,985
0,157 ≤ NDVI ≤ 0,727	1,009 + 0,047 x ln(NDVI)
NDVI > 0,727	0,990

Fonte: Griend et al. (1992); Zhang, Wang e Li (2006) e Ndossi e Avdan (2016a).

É importante ressaltar que Ndossi e Avdan (2016a) ao testarem alguns dos algoritmos disponíveis para o cálculo de emissividade da superfície terrestre, os autores constataram que a proposta de Zhang, Wang e Li (2006) para estimar estes valores foi a que melhor apresentou resultados para a (posterior) extração da temperatura da superfície terrestre (LST).

Por fim, o último processamento realizado ocorreu para obter a imagem de temperatura real da superfície terrestre. A temperatura da superfície terrestre (LST) foi calculada entre a imagem da temperatura de brilho no sensor e a imagem de emissividade da superfície terrestre. Para este cálculo utilizou-se da equação de Planck (Equação 5). A equação de Planck corrige na imagem, a emissão de uma substância em comparação com um corpo negro (ARTIS e CARNAHAN, 1982; SINHA et al., 2014; NDOSSI e AVDAN, 2016a).

$$T_s = \frac{BT}{\left\{1 + \left[\frac{\lambda \cdot BT}{\rho}\right] \cdot \ln \epsilon\right\}} \quad (5)$$

Onde, T_s é a temperatura da superfície terrestre (em graus Kelvin), BT é a temperatura de brilho no sensor, estimada anteriormente (em graus Kelvin), λ é o comprimento de onda da radiação emitida; ρ é $(h * c/\sigma) = 1,438 \times 10^{-2}mK$; e, ϵ é a emissividade espectral da superfície terrestre, estimada anteriormente. Ao final do cálculo entre as imagens, o plugin faz a conversão automática de graus Kelvin (K) para graus Celsius ($^{\circ}C$).

O algoritmo utilizado para a realização de todas os cálculos conforme as equações mostradas anteriormente foi o *Land Surface Temperature Estimation Plugin* (NDOSSI e AVDAN, 2016a; 2016b), executado usando o SIG QGIS Las Palmas versão 2.18.6.

3 Resultados e discussões

3.1 Uso e cobertura da terra, índice de vegetação e temperatura da superfície urbana de Três Lagoas/MS

Há dois momentos importantes nos resultados do trabalho. Primeiro, a análise e quantificação das áreas verdes na cidade de Três Lagoas e num segundo momento, a temperatura da superfície nos limites das áreas residenciais da cidade. É reconhecido que existe um encadeamento entre estas variáveis e, a seguir, os resultados são apresentados a partir da discussão de três variáveis: ocupação da cidade e áreas verdes (a partir do mapa de uso e cobertura da terra), temperatura da superfície e índice de vegetação (NDVI).

Estas três variáveis se inter-relacionam, quando o uso e cobertura da terra identifica e quantifica áreas verdes e o NDVI representa e mensura a intensidade da atividade clorofiliana da vegetação, confirmando áreas com maiores densidades e extensões da vegetação. O NDVI neste trabalho apresenta uma dualidade para os resultados quando, ao mesmo tempo que representa o comportamento vegetativo, é usado para modelar a temperatura da superfície terrestre (LST) através de dados gerados por sensores remotos. Por sua vez, a temperatura da superfície está intimamente ligada com o tipo de uso da terra na cidade e as condições da vegetação, que irão refletir nos valores dos *pixels* que representam a temperatura de brilho no sensor e posteriormente serão modeladas junto ao NDVI para se obter valores de *pixels* que representem a temperatura da superfície terrestre.

Logo, por se tratar de uma área urbana na qual levou-se em consideração um limite que abrange as áreas que contém residências, a classe em maior quantidade foi a Área Urbana Consolidada, representando 60,38% de toda a ocupação do limite adotado como área de estudo (Tabela 3). Nesta classe inserem-se todos os tipos de construções da área urbana (casas, barracões, prédios residenciais ou comerciais, algumas pequenas indústrias, residenciais fechados ou abertos, dentre outras de menor expressão).

A segunda classe representativa no mapeamento foi a Área de Expansão Urbana, que representou 30,08% do total do limite considerado. Esta classe é caracterizada, em geral, por vazios urbanos, lotes, extensões de lotes ou grandes terrenos que são considerados áreas adjacentes à cidade e que, por isso, ainda possuem pouca ou quase nenhuma construção, mas mesmo assim se encontram nos limites urbanos (que contém residências).

As duas classes de menor expressão são Água e Vegetação. A Água, se for levado em consideração que representa 1,29% numa área urbana, apesar da pouca área é uma classe representativa, principalmente no fato da temperatura da superfície urbana. Esta classe é representada exclusivamente por três lagoas na área urbana (que dão nome ao município) e por dois lagos que estão no condomínio residencial Village do Lago.

Tabela 3 - Classes de uso e cobertura da terra na área urbana de Três Lagoas/MS.

Uso e Cobertura da Terra - Três Lagoas/MS		
Classe	Área (km²)	Área (%)
Vegetação	4,11	8,24
Área de Expansão Urbana	15,01	30,08
Água	0,65	1,29

Área Urbana Consolidada	30,13	60,38
TOTAL	49,90	100

Fonte: Autores (2017).

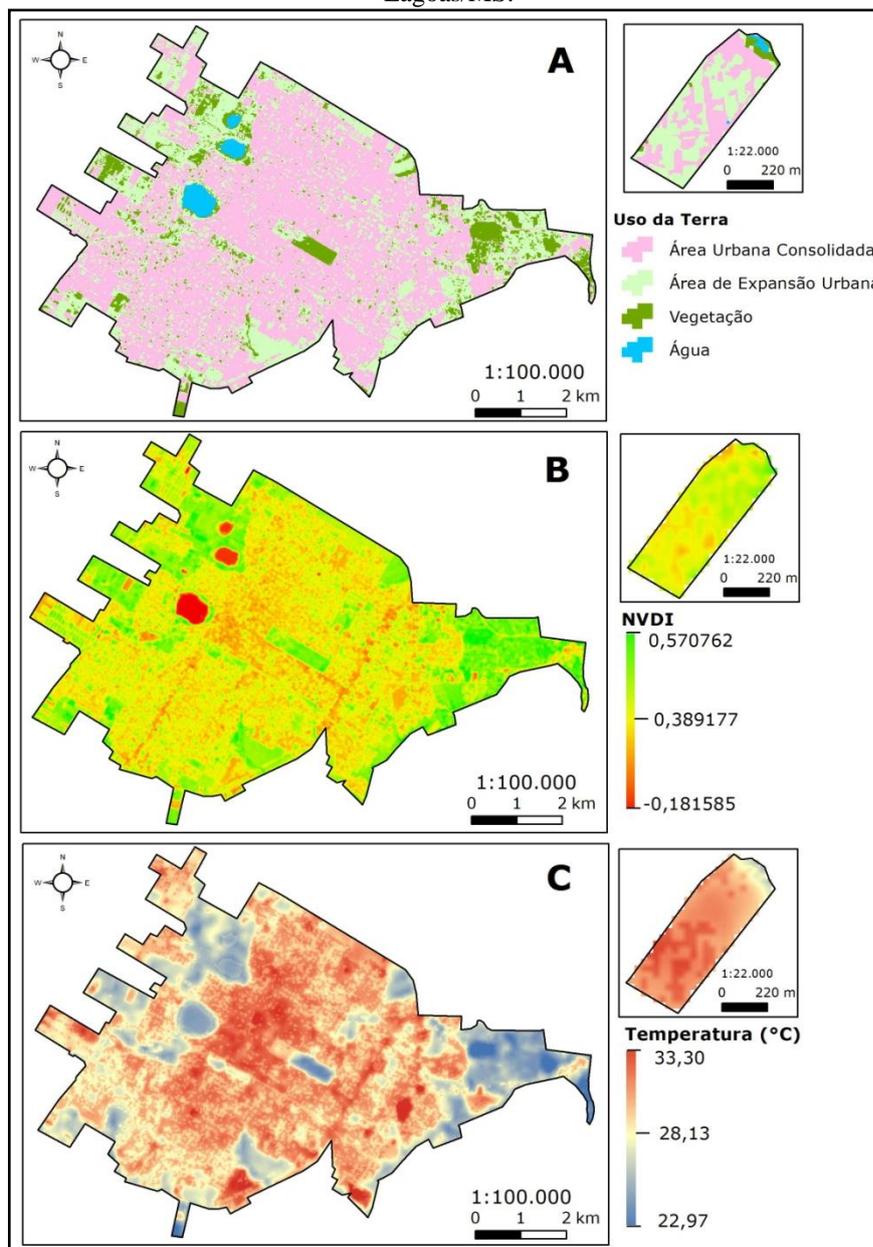
A classe Vegetação é a mais importante do mapeamento para este trabalho, já que é esta classe que irá representar as áreas verdes da cidade e, em relação à temperatura da superfície, funcionará como um regulador térmico na cidade. Esta classe representa 8,24% do limite da área urbana considerada para Três Lagoas, neste trabalho. É comum esperar que em cidades, a quantificação de áreas de vegetação seja (muito) inferior à, por exemplo, áreas construídas (Figura 3).

Os valores do NDVI obtidos representam, em geral, um baixo índice de vegetação na cidade. O NDVI quando tem seus valores resultantes aproximados de 1 são considerados alto, de modo inverso, quando seus valores resultantes se aproximam de -1 são considerados baixos índices de vegetação.

Na cidade de Três Lagoas, para a data considerada para o processamento do NDVI (13/03/2016), obtiveram-se baixos valores. Comumente, os valores negativos mais baixos (-0,18) correspondem às águas na imagem do sensor, visto que as águas não possuem atividades clorofilianas relevantes e nem densidade de vegetação fotossintetizante. As demais áreas com valores negativos representam, em geral, as áreas construídas e vias urbanas

Os valores intermediários representam também algumas áreas classificadas como área de expansão urbana, nesta situação, caracterizada por terrenos ou espaços vazios que foram tomados por vegetação rasteira e algumas áreas classificadas como vegetação, mas que apresentam menor densidade ou menos atividades fotossintetizantes. Há neste intervalo de valores considerados no NDVI algumas áreas classificadas como vegetação, no entanto, como já mencionado, não apresentaram vigor suficiente para maiores valores do NDVI na data imageada pelo sensor. Os valores intermediários representam as maiores extensões nos limites considerados para o trabalho.

Figura 3 - A) Uso e cobertura da terra, B) NDVI e C) Temperatura da superfície da área urbana de Três Lagoas/MS.



Fonte: Autores (2017).

Os valores mais altos obtidos no NDVI representam áreas consolidadas de vegetação arbórea, bem desenvolvidas e com maior densidade e atividades fotossintetizantes, atingindo um pico máximo de 0,57. As áreas com maior índice de vegetação se concentram na porção leste da área urbana municipal, adensadas sobre uma Área de Proteção Ambiental (APA) com baixo volume de construções e ocupações.

Há uma evidente relação entre os valores de temperatura da superfície com as áreas não construídas, no caso específico do uso da terra as áreas que foram classificadas como Vegetação e Área de Expansão Urbana. Nestas classes de uso da terra coincidem os índices mais elevados

de NDVI e, por isso, tais fatores contribuíram para as temperaturas mais baixas da superfície urbana. As exceções para essa relação são notórias nas classes de Água, representadas pelas três lagoas e uma área de plantio de eucalipto, que serve ao distrito industrial da cidade.

A relação encontrada para a cidade de Três Lagoas/MS, havia sido confirmada no trabalho de Alves (2017), a partir de simulações realizadas entre o aumento do NDVI e a diminuição da magnitude das ilhas de calor urbano. “Portanto, é de se imaginar que um aumento no NDVI possa diminuir a intensidade da ilha de calor” (ALVES, 2017, p. 41).

A nível de comparação dos resultados de temperatura da superfície que foram gerados, conferiu-se junto da temperatura registrada na estação meteorológica automática de Três Lagoas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação registrou 29,3 °C de temperatura do ar em torno das 10:00 do dia 13/03/2016 (hora aproximada da captação da imagem pelo sensor), enquanto nas proximidades da estação meteorológica a temperatura da superfície registrada foi de 29,7 °C, visto que a diferença de 0,4 °C pode ser pela diferença no horário (meia hora depois, já que as estações registram dados a cada hora) e principalmente pelo tipo de registro, ou seja, entre a temperatura registrada do ar e a temperatura registrada da superfície. Ainda é necessário ressaltar que a temperatura do ar é registrada numa estação em abrigo, sem interferência da radiação, que muito contribui para a temperatura da superfície em sensores orbitais.

Numa relação entre as áreas verdes e o campo térmico da cidade de Três Lagoas, no trabalho de Ponso et al. (2012), os autores consideraram que a estrutura térmica intraurbana possui diferenças de densidade de ocupação, do grau de arborização e da circulação de veículos, onde estes fatores influenciam a distribuição espacial da temperatura do ar. Além disso, foram identificadas pelo menos duas áreas mais aquecidas na cidade, sendo o centro e a periferia industrial leste (onde se encontra a área verde denominada de Distrito Industrial). Os autores ainda identificaram temperaturas intermediárias na periferia oeste e temperaturas baixas associadas à área verde do Exército e nas áreas mais baixas da cidade.

As áreas que apresentam maiores temperaturas da superfície estão localizadas na região central da cidade, coincidentemente com altas densidades de construções e baixíssimos índices de vegetação. As temperaturas na região central possuem em torno de 28,8 a 33,3 °C, sendo os valores mais altos mapeados no perímetro urbano. Há exceções para altas temperaturas mapeadas em duas áreas distintas de solos descobertos (mas que foram classificados como Área Urbana Consolidada). Em contrapartida, esses valores decaem de 27,1 a 22,9 °C nas áreas classificadas como Vegetação. A diferença entre as temperaturas influenciadas pelo uso da terra

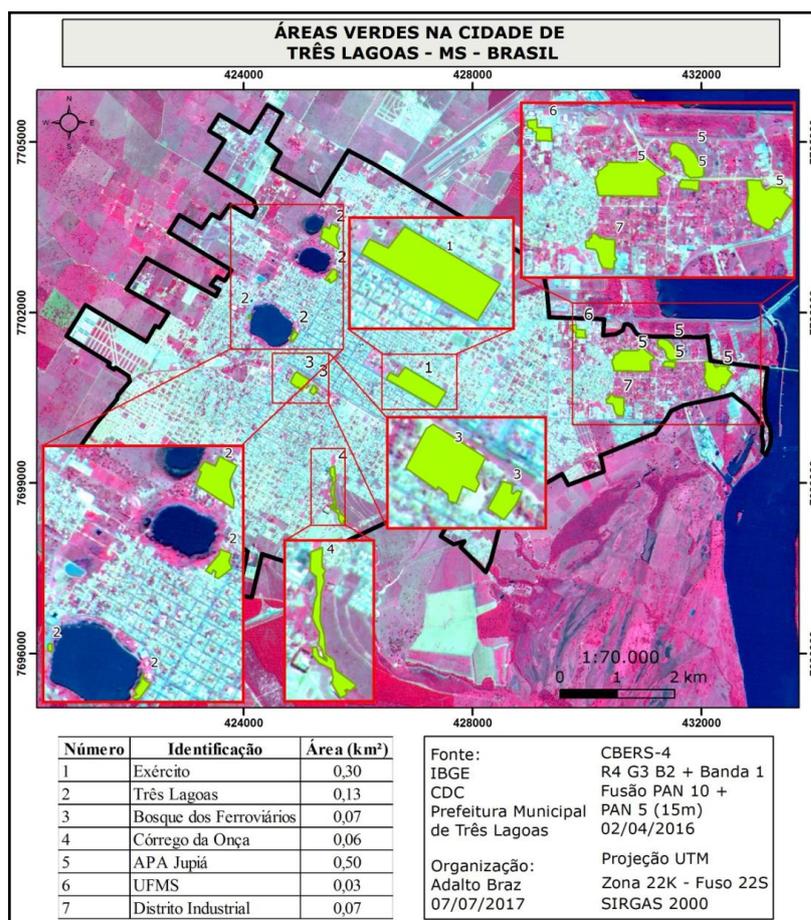
e índice de vegetação chegam a atingir 10,4 °C, considerando as temperaturas registradas pela Água (três lagoas). Entende-se, portanto, como considerável a amplitude para o microclima urbano.

3.2 Classificação das Áreas Verdes e a relação com a temperatura da superfície

O que vem a ser classificado como áreas verdes urbanas perpassam por diferentes conceitos e variáveis em consideração. Estas áreas, são aqui adotadas genericamente como locais onde há o predomínio de vegetação arbórea, possibilidade de proporcionar diversos benefícios a todo o meio urbano (LONDE e MENDES, 2014).

Em vista disso, a partir das investigações realizadas e dos resultados obtidos para o trabalho classificou-se os seguintes espaços como áreas verdes urbanas na cidade de Três Lagoas (Figura 4).

Figura 4 - Áreas Verdes na cidade de Três Lagoas/MS.



Fonte: Autores (2017).

Foram identificadas 7 áreas verdes (não necessariamente contínuas) na cidade de Três Lagoas. É importante mencionar que as áreas verdes identificadas, necessariamente possuem

vegetação arbórea de médio a grande porte. Colaboraram também alguns aspectos da conceituação de Lima et al. (1994), do qual apropriou-se do conceito de áreas verdes e da premissa adotada de “onde há o predomínio de vegetação arbórea”. As considerações de Londe e Mendes (2014) também contribuíram para a classificação das áreas verdes propostas neste trabalho, a partir do mapeamento de uso e cobertura da terra e no conhecimento de causa na cidade de Três Lagoas por parte dos autores.

Outras variáveis foram observadas como a função de conservação do ambiente urbano, a localização em áreas de infraestruturas de lazer ou bem-estar e ainda a grande potencialidade para transformação das áreas em equipamentos de lazer na cidade (praças, parques, etc).

Anteriormente, Ponso et al. (2012) já haviam identificado uma escassez de áreas verdes, e consideraram apenas a área do Exército e APA Jupuíá como área verde urbana em Três Lagoas. Em contrapartida, identificaram uma classe denominada pelos autores de áreas arborizadas, que correspondem à quarteirões que apresentam arborização nos quintais, áreas no entorno da lagoa maior, segmento da antiga via férrea que cruzava a cidade e alguns pontos da periferia. Entretanto, as chamadas áreas arborizadas, podem ser consideradas como a classe chamada de área de expansão urbana mapeada neste trabalho e que, em geral, não possuem características de áreas verdes.

Em relação à temperatura da superfície terrestre (LST) e as áreas verdes identificadas percebe-se evidentemente que há influência da vegetação nas temperaturas. Observando o mapa da figura 3 as áreas de menor temperatura são também as áreas com maior quantidade de vegetação mapeada. Diferentemente do que havia sido anteriormente ponderado, as áreas verdes não exercem influência de grande magnitude na temperatura da superfície em suas adjacências, entretanto exercem influência significativa na temperatura do ar, conforme constatado por Ponso et al. (2012) e em diversos outros estudos de que tratam do clima urbano em outras regiões.

O que se observa, é que nas áreas verdes em que seu entorno apresenta baixas temperaturas, dando a falsa ideia de que são influenciadas pela vegetação, quando na verdade a baixa temperatura do entorno é influenciada pela baixa densidade de construções. Esse exemplo é evidenciado em todas as áreas verdes, exceto apenas a do Exército (1). Essa situação é explicada justamente pela baixa densidade de construções no entorno destas áreas verdes. A maior representante dessa situação são as áreas verdes da APA Jupuíá. Do contrário a áreas verde do Exército não influencia na temperatura da superfície em suas adjacências, justamente pela alta densidade de construções em seu entorno.

A seguir, as áreas verdes identificadas são caracterizadas a partir de uma breve discussão.

1 – Exército: Esta área verde é a mais reconhecida no imaginário popular da cidade. Nomeada como “Exército”, por ser uma área considerável (0,30km²) de vegetação natural preservada (em um único bloco), nas imediações do Exército Brasileiro na cidade de Três Lagoas. Por estar localizada numa área militar, seu acesso é proibido, salvo exceções (para pesquisa, por exemplo). Desta maneira, é uma área de grande importância ambiental, preservando remanescentes de vegetação nativa, contribuindo para o conforto térmico do local e a qualidade do ar, já que está localizada numa das áreas com maior densidade de construções e próxima ao centro da cidade. Entretanto, impossibilitada de se tornar uma área verde com infraestruturas e potencial para lazer e qualidade de vida da população.

2 – Três Lagoas: As áreas verdes chamadas de Três Lagoas são caracterizadas por quatro blocos de vegetação distribuídas ao longo das 3 lagoas presentes na área urbana e que dão nome ao município. Possuem 0,12km² de extensão (terceira maior área verde classificada). Há baixas temperaturas no entorno, influenciadas pela baixa densidade de construção (área urbana consolidada) e pelas águas das lagoas, nas direções oeste e noroeste. Nas direções leste e sudeste, há predomínio de construções e as temperaturas voltam a subir, para uma média de 30 °C.

É uma das áreas verdes mais importantes para a cidade, em dois sentidos: 1) única área verde efetiva da cidade (parcialmente, apenas dois blocos de vegetação). Exerce função de preservação ambiental das lagoas, função estética para a paisagem urbana, função de lazer (equipamentos e infraestruturas de lazer, apenas na lagoa maior) e uso frequente por parte da população; 2) os entornos das lagoas são áreas de preservação permanente, portanto sua ocupação é regulada, mantendo ainda algumas extensões sem construções e sem vegetação arbórea, com um grande potencial de crescimento desta área verde. Há ainda a primeira e segunda lagoa que carecem de políticas municipais para seu uso enquanto lazer e recreação por parte da população, mantendo áreas sem vegetação arbórea (assim como ocorre na lagoa maior – terceira lagoa), aumentando ainda mais o potencial de expansão e uso destas áreas verdes.

Atualmente está em trâmite o projeto para a criação de uma unidade de conservação envolvendo as três lagoas, em forma da criação do Monumento Natural das Lagoas, o que, quando vier a ser legítimo poderá impulsionar as potencialidades para efetivar esta área verde.

3 – Bosque dos Ferroviários: Mais uma das áreas verdes próximas da região central da cidade. Localizada em terrenos da antiga empresa responsável pela gestão da ferrovia no município, faz parte hoje de um bairro carregado de história e com grande potencial para se tornar

patrimônio cultural municipal. Com área de 0,07km² divididas entre dois blocos de vegetação, apresenta grande potencial para expansão da vegetação arbórea, entretanto, sua importância se dá, devido à localização próxima da área central (com fácil acesso, entre bairros e centro), próximo da principal praça da cidade e cercada por casas e histórias da estação ferroviária, um dos símbolos da cidade. Caracteriza-se como uma “ilha”, cercada por alta densidade de construções, principalmente do centro da cidade e pelas temperaturas mais altas obtidas do mapeamento. Além disso, a característica de “ilha” se estende para caracterizar também temperaturas mais baixas, cercadas por superfícies mais quentes.

Aproveitar a vegetação existente, recuperar e ampliar a área verde, construir infraestruturas possibilitando o lazer, principalmente de crianças (pela proximidade com uma creche) e almejar integrar memórias culturais e históricas da ferrovia (memorial a céu aberto) são alguns dos potenciais e possibilidades para o planejamento e gestão desta área verde.

4 – Córrego da Onça: Caracterizada por um fragmento de mata ciliar do córrego da Onça, com área de 0,06km². Esta área coincide com o limite onde o córrego deixa de ser canalizado. Área de grande importância para a preservação ambiental do (que resta do) córrego. As baixas temperaturas da superfície no entorno são influenciadas pela baixa densidade de construções e pelos terrenos (vazios urbanos). Por isso, há uma área considerável de temperaturas mais baixas (24 °C) nas suas adjacências.

Esta área verde possui grande potencial de expansão. Há a possibilidade de aumentar a mata ciliar para preservação do córrego e a vegetação arbórea para além da APP do córrego, caracterizando uma área verde próxima de condições ambientais naturais. No local há um campo de futebol usado para lazer por jovens do bairro, sendo um indicativo de que a transformação da área verde, visando, além da preservação do córrego, principalmente o lazer, seria de grande importância para a população dos bairros em suas imediações.

Por se tratar de uma área periférica, carece de opções de lazer. Há uma escola próxima desta área verde (aulas em campo, educação ambiental e lazer) e a emergência em preservação do córrego. Estes fatores indicam a grande importância para intervenção e transformação da situação atual desta área verde.

5 – APA Jupiá: É a maior área verde da cidade. Junta da área verde das Três Lagoas (2), são as únicas efetivas. Formada por um conjunto de quatro blocos de vegetação arbórea, possui ao todo 0,49km² de extensão. Toda esta área verde faz parte de uma unidade de conservação de uso sustentável, sendo uma área com alguns lotes de pequenos agricultores e poucas construções. Nos limites da unidade de conservação existem blocos de vegetação arbórea com

o objetivo de preservação da biodiversidade. Local com as menores temperaturas da superfície mapeadas na área urbana, justificado pela baixa densidade de construções e pelos pequenos campos de cultivo dispersos pela unidade de conservação.

Esta área verde tem grande importância devido suas atuais funções de preservação e sua proteção legal. Neste caso, o uso da área verde é regulamentado por lei (9.985/2000), que delibera sobre intervenções com infraestrutura e equipamentos para o aproveitamento desta área verde para usos de lazer ou recreação, mantendo sua função ambiental e de preservação.

6 – UFMS: Área verde localizada nas dependências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. A vegetação arbórea faz parte de alguns espaços (ainda) vazios. As temperaturas da superfície mais baixas nas adjacências da área verde são influenciadas pela baixa densidade de construções dentro do campus da universidade. A área verde é usada de maneira indireta pelos estudantes e atualmente conta com uma academia ao ar livre. Não há perspectivas para expansão da vegetação arbórea e, caso o campus venha a se expandir, há o risco de suprimento de parte da vegetação para dar lugar a novos prédios institucionais.

7 – Distrito Industrial: Esta é uma área verde localizada num dos distritos industriais da cidade, próximo ao bairro Vila Piloto. Seu entorno mais próximo, em geral, apresenta temperaturas mais baixas devido à proximidade com a APA Jupiá e a baixa densidade de construções neste distrito industrial. Há exceções para superfícies de calor mapeadas numa área de um recente condomínio residencial (Bosque das Araras), com solos em exposição e as construções, fazendo as temperaturas da superfície chegarem a 31 °C. O mesmo ocorre para o interior do bairro Vila Piloto, que ficam nas circunvizinhanças desta área verde, com as temperaturas superficiais mapeadas de até 30 °C.

Junto de sua importância há a vulnerabilidade e o risco de supressão desta área verde. Por se localizar no distrito industrial entre um bairro com densidade de construções e um condomínio residencial, esta área verde possui um grande potencial de benefício para a conforto térmico e qualidade de vida da população. Entretanto, é preciso mencionar que a possibilidade de se efetivar esta área verde é baixa, justamente por sua localização estar condicionada à temporária “disponibilidade de terrenos” neste distrito industrial, ou seja, conforme forem surgindo a necessidade ou oportunidade de instalação de novas indústrias, há a perspectiva de suprimir a vegetação. Portanto, esta área verde é identificada devido seu tamanho e localização, entretanto há noção de que a possibilidade de efetivação desta área verde é quase nula do ponto de vista da administração municipal.

3.3 Perspectivas e propostas para futuros trabalhos

A importância da reflexão sobre futuros trabalhos é relevante neste momento, visto a escassez de estudos desta temática na cidade de Três Lagoas. Os resultados e as considerações do trabalho trazem algumas questões cabíveis de futuras investigações para ampliar o campo do saber deste tema na cidade. Por esse motivo, a proposta deste trabalho foi concluída, mas as investigações estarão em continuidade no sentido de propor o potencial de expansão das áreas verdes na cidade. Áreas que podem receber vegetações nativas e planos suas efetivações.

Enquanto estudos do conforto térmico urbano, há a pretensão de cruzar as informações de um novo mapeamento de temperatura da superfície com dados obtidos em campo (por aparelhos adequados), confrontando a temperatura do ar no entorno imediato das áreas verdes e em localizações mais distantes. Assim será possível confrontar temperatura da superfície (imagem de satélite) com a temperatura do ar (termômetros) no entorno das áreas verdes. Uma proposta interessante para seguir com os trabalhos é apresentada por Ferreira, Carrilho e Mendes (2015).

Há a possibilidade de fazer novos mapeamentos de temperatura da superfície, por estações e em diferentes anos, para uma análise multitemporal do comportamento da temperatura da superfície e ilhas de calor na cidade de Três Lagoas.

Possibilidades mais distantes, neste momento, mas que não podem ser esquecidas são as de refinamento da delimitação das áreas verdes em campo, visto que toda delimitação foi feita a partir de imagens de satélite.

Ao vislumbrar trabalhos de campo detalhados para este refinamento, existe a possibilidade de utilizar imagens aéreas ou de satélites, de alta resolução espacial para a inclusão de novas áreas verdes menores, que foram desconsideradas neste trabalho devido a escala de mapeamento. Na escala trabalhada as áreas menores não possuem representatividade no mapeamento em relação a resolução espacial das imagens de satélites utilizadas (capacidade de mapeamento).

Estas perspectivas surgem no campo de atuação da Geografia, em afinidade com as linhas de pesquisa dos autores. Entretanto, há inúmeras possibilidades para futuros estudos que podem ser desenvolvidos nestas áreas verdes. Por isso, identificá-las e caracterizá-las nesta primeira aproximação pode ter um grande valor para a comunidade acadêmica e profissional interessada nesta temática.

4 Considerações Finais

A vegetação em áreas urbanas apresenta uma dualidade, quando agrega valor estético ou quando é considerada um problema urbano (sujeira, surgimento de insetos e outros animais, abandono, falta de iluminação etc.). Mas é preciso relevar, sobretudo seu valor ambiental.

O ambiente urbano ganha, em larga escala de qualidade, a partir de espaços verdes, sejam as áreas verdes em sua forma aqui considerada ou os espaços verdes no amplo sentido da palavra (gramas, árvores, canteiros, etc.). Especificamente sobre as áreas verdes, o que se espera é que estes locais sejam ao máximo agradáveis, que ofereçam infraestruturas adequadas, acesso à população e funcionem como verdadeiros equipamentos urbanos para o bem-estar social. Entretanto, como foi referido nos resultados deste trabalho, a realidade atual não é de grande satisfação. Visto que apenas uma das áreas verdes, das Três Lagoas, está atualmente consolidada e preparada para cumprir com seus objetivos. E, num esforço maior, podendo considerar as áreas verdes da APA Jupuí e Exército como consolidadas, visto que uma está numa unidade de conservação e outra numa área militar, entretanto, sem acesso ou possibilidades de uso efetivo por parte da população.

Com o potencial que a cidade apresenta e o pouco aproveitamento das áreas verdes, os resultados direcionam para um (com certos cuidados da palavra) descaso das autoridades responsáveis. São os agentes públicos que devem assegurar a implementação, gestão e uso das áreas verdes, tendo como objetivos manter a atratividade ao uso destas áreas e promover melhor qualidade de vida da população. Este desinteresse anuncia certa fraqueza aos olhos da prefeitura municipal em relação ao planejamento urbano e ao incentivo de políticas públicas para lazer, qualidade de vida e meio ambiente na cidade.

A importância deste trabalho está no sentido de trazer primeiras aproximações destas áreas (na atualidade), identificando-as e caracterizando-as com o propósito da possibilidade de efetivação enquanto áreas verdes. Se faz importante registrar, que essa identificação das sete áreas verdes é prévia, e que no decorrer de futuros estudos, existe a possibilidade e a disposição de repensar esta classificação.

A análise da temperatura da superfície apresentou-se como um desafio, no sentido de manter sua relação com a presença de cada uma das áreas verdes identificadas. As temperaturas de entorno foram analisadas pelas imagens de satélite (instrumento adotado pela metodologia), entretanto recomenda-se a continuidade do trabalho especificamente sobre a relação das áreas verdes e temperatura do ar, utilizando instrumentos e procedimentos de climatologia, para avaliar o microclima. A partir da análise do mapa de temperatura da superfície, notou-se a falta

de estações meteorológicas na cidade. Atualmente a cidade conta com apenas uma estação em funcionamento, capaz de obter dados de temperatura do ar, portanto, além de faltarem dados para aferir os valores do mapeamento, faltam dados climáticos em nível local para a cidade.

Algumas considerações de caráter pontual merecem destaque, principalmente no envolvimento da metodologia adotada neste trabalho. A primeira delas foi a importância percebida quando da adoção de multisensores para os mapeamentos. Usar o CBERS 4 permitiu chegar a uma alta resolução espacial para o mapeamento de uso e cobertura da terra, enquanto as imagens do satélite Landsat 8 permitiram obter os resultados do NDVI, emissividade e temperatura da superfície. Neste sentido, destaca-se a suma importância dos dados gratuitos para o desenvolvimento do trabalho. Além dos resultados obtidos, a metodologia empregada neste trabalho se mostrou satisfatória. O uso do sensoriamento remoto para o PDI, junto dos SIG utilizados permitiram atingir os objetivos propostos.

As áreas verdes se constituem como importantes recursos para a qualidade de vida e o bem-estar social nas cidades, por isso, o planejamento urbano é instrumento tão importante para o desenvolvimento saudável das cidades e nele, devem ser contempladas diretrizes quanto estas áreas.

Portanto, o trabalho mapeou as atuais áreas verdes na cidade de Três Lagoas buscando uma interface com a temperatura da superfície desta cidade, em busca de primeiras aproximações a respeito desta temática na área escolhida para o estudo. É sabido que diversas outras investigações podem e ainda devem ser realizadas a cerca deste tema na cidade de Três Lagoas e para tanto, deixou-se um tópico específico sobre as possibilidades e o empenho em prosseguir com os resultados deste trabalho, em condições de enveredar para outros questionamentos a respeito das áreas verdes e a dinâmica climática na cidade.

5 Agradecimentos

O autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos em nível de doutorado. A Prefeitura Municipal de Três Lagoas pela disponibilização da planta da cidade.

6 Referências bibliográficas

ALVES, E. D. L. Ilha de Calor Urbana e Simulações: aplicação metodológica para o reordenamento do território. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 33-43, março/2017.

ARCGIS. Desktop, versão 10.4.1. **Environmental Systems Research Institute (ESRI)**. Software. 2017.

ARTIS, D. A.; CARNAHAN, W. H. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. **Remote Sensing of Environment**, vol. 12, p. 313–329, 1982.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. DOU de 19 de julho de 2000. Brasília, DF. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso 7 jul. 2016.

CALLEJAS, I. J. A. et al. Uso do Solo e Temperatura Superficial em Área Urbana. **Mercator**, vol. 10, n. 23, 207-223, set.-dez./2011.

CASELLES, V. et al. Thermal band selection for the PRISM instrument. Analysis of emissivity-temperature separation algorithms. **Journal of Geophysical Research**, Maringá, v. 102, n. D10, p. 11,145-11,164, maior, 27, 1997.

COX, E. P. **Interação entre Clima e Superfície Urbanizada: o caso da cidade de Várzea Grande/MT**. 2008. 142 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) do Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente. Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá. 2008.

eCognition Developer, Trial 8.7. **Trimble**. Software. 2017

FERREIRA, L. F.; CARRILHO, S. T.; MENDES, P. C. Áreas Verdes Urbanas: uma contribuição aos estudos das ilhas de frescor. **Brazilian Geographical Journal: geosciences and humanities research medium**, v. 6, p. 101-120, jul./dez., 2015.

GUSSO, A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, G. A. Mapeamento da temperatura da superfície terrestre com uso do sensor AVHRR/NOAA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 231-237, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=500830>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Divisão de Geração de Imagens (DGI)**, imagens orbitais, CBERS 4. 02/04/2016. São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 02 abr. 2017.

LIMA, A. M. L. P. Problemas de Utilização na Conceituação de Termos como Espaços Livres, Áreas Verdes e Correlatos. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana. **Anais... II Congresso Brasileiro de Arborização Urbana**, São Luís/MA. 18 a 24 de setembro, 1994, p. 539-553

LOMBARDO, M. A. O Processo de Urbanização e a Qualidade Ambiental – efeitos adversos no clima. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 52, n. 4, p. 161 - 166, out./dez., 1990

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A Influência das Áreas Verdes na Qualidade de Vida Urbana. **Hygeia**, vol. 10, n. 18, p.264 - 272, jun., 2014.

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)**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia – Instituto de Estudos Socioambientais. Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiania, 2011.

NDOSSI, M. I.; AVDAN, U. Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: a PyQGIS plugin. **Remote Sensing**, vol. 8, 413, n. 5, p. 1–31, 2016a.

_____. Inversion of Land Surface Temperature (LST) Using Terra ASTER Data: A Comparison of Three Algorithms. **Remote Sensing**, vol. 8, 993, n. 12, p. 1–19, 2016b.

PONSO, A. G. et al. Campo Térmico da Cidade de Três Lagoas (MS): comparação urbano/rural. **Revista Geonorte**, edição especial, n. 2, n. 4, p. 770 – 781, 2012.

Prefeitura Municipal de Três Lagoas. **Revisão do Plano Diretor de Três Lagoas. Diagnóstico e Prognóstico territorial**. Elaboração: Synergia. Junho, 2016.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. **Proceedings...** Whashington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

SABADINI JUNIOR., J. C. Arborização urbana e a sua importância à qualidade de vida. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 22, n. 5069, 18 maio 2017. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/57680>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

SINHA, S. et al. Remote Estimation of Land Surface Temperature for Different LULC Features of a Moist Deciduous Tropical Forest Region. In: SRIVASTAVA, P. K.; MUKHERJEE, S.; GUPTA, M.; ISLAM, T. (Org.). **Remote Sensing Applications in Environmental Research**. Springer: Berlin, Germany; Heidelberg, Germany, 2014; p. 57–68.

TRÊS LAGOAS. **Lei nº 2.083, de 28 de setembro de 2006**. Institui o Plano Diretor do município de Três Lagoas e dá outras providências. Diário Oficial de 05 de outubro de 2006. Três Lagoas, MS. 2006. Disponível em: <<http://www.treslagoas.ms.gov.br/cidadao/plano-diretor/45/>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

_____. **Lei nº 3.211, de 06 de dezembro de 2016**. Altera dispositivos da Lei nº 2.083, de 28 de setembro de 2006 e dá outras providências. Câmara Municipal, Sala das Sessões, 07 de dezembro de 2016. Três Lagoas, MS. 2006. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/ms/t/tres-lagoas/lei-ordinaria/2016/321/3211/lei-ordinaria-n-3211-2016-altera-dispositivos-da-lei-n-2083-de-28-de-setembro-de-2006-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 18 mai. 2017.

_____. Secretaria de Meio Ambiente realiza primeira ação do Projeto “Áreas Mais Verdes” neste sábado. **Prefeitura Municipal de Três Lagoas**, Três Lagoas, 10 janeiro 2017a. Disponível em: <<http://www.treslagoas.ms.gov.br/noticia/secretaria-de-meio->

ambiente-realiza-primeira-acao-do-projeto-areas-mais-verdes-neste-sabado/12774/>. Acesso em: 22 mai. 2017.

_____. Segunda ação do Projeto “Áreas Mais Verdes” da Secretaria de Meio Ambiente será no Jardim Maristela. **Prefeitura Municipal de Três Lagoas**, Três Lagoas, 17 março 2017b. Disponível em: <<http://www.treslagoas.ms.gov.br/noticia/segunda-acao-do-projeto-areas-mais-verdes-da-secretaria-de-meio-ambiente-sera-no-jardim-maristela/12...>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

_____. Terceira etapa do Projeto “Áreas Mais Verdes” conta com ajuda da Paróquia Santa Luzia. **Prefeitura Municipal de Três Lagoas**, Três Lagoas, 10 abril 2017c. Disponível em: <<http://www.treslagoas.ms.gov.br/noticia/terceira-etapa-do-projeto-areas-mais-verdes-conta-com-ajuda-da-paroquia-santa-luzia/12981/>>. Acesso em: 22 mai. 2017.

_____. **Lei nº 2.277, de 01 de julho de 2008**. Dispõe sobre a Política do Meio Ambiente de Três Lagoas – MS e dá outras providências. Câmara Municipal, Sala das Sessões, Três Lagoas – MS, 02 de julho de 2008. Três Lagoas, MS. 2008. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/ms/t/tres-lagoas/lei-ordinaria/2008/228/2277/lei-ordinaria-n-2277-2008-dispoe-sobre-a-politica-do-meio-ambiente-de-tres-lagoas-ms-e-da-outras-providencias?q=2277%2F2008>>. Acesso em: 16 mai. 2017.

United States Geological Survey – USGS. **Earth Explorer**, orbital imagens, Landsat 8. 13/03/2016. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

VAN DE GRIEND, A. A.; OWE, M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, n. 6, p. 1119-1131, 1993.

VAN DE GRIEND, A. et al. **Botswana Water and Surface Energy Balance Research Program. Part 1**: integrated approach and field campaign results. NASA Goddard Space Flight Center: Greenbelt, MD, USA, 1992.

ZHANG, J.; WANG, Y.; LI, Y. A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of landsat TM/ETM+ band6. **Computers & Geosciences**, vol. 32, p. 1796–1805, 2006.