



CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E O ÍNDICE VEGETATIVO NO PERÍMETRO URBANO DE JUIZ DE FORA - MG

CORRELATION BETWEEN SURFACE TEMPERATURE AND VEGETATIVE INDEX IN THE URBAN PERIMETER OF JUIZ DE FORA - MG

Isabela Fernanda Moraes de Paula

Universidade Federal de Juiz de Fora
Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário Bairro São Pedro
CEP:36036-900 – Juiz de Fora - MG
E-mail: isauffj@yahoo.com.br

Franciele de Oliveira Pimentel

Universidade Federal de Juiz de Fora
Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário Bairro São Pedro
CEP:36036-900 – Juiz de Fora - MG
E-mail: tiele_pimentel@yahoo.com.br

Cássia de Castro Martins Ferreira

Universidade Federal de Juiz de Fora
Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário Bairro São Pedro
CEP:36036-900 – Juiz de Fora - MG
E-mail: cassia.castro@ufjf.edu.br

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
10/2016
Data de Aprovação:
12/2016

Resumo

O presente artigo tem como objetivo correlacionar a técnica do índice de vegetação por diferença normalizada com a temperatura de superfície para os meses de janeiro de 2015 e junho de 2016, no perímetro urbano da cidade de Juiz de Fora (MG). Nesse sentido, o NDVI demonstrou ser uma importante ferramenta na identificação da cobertura vegetal e vigor, denotando sensibilidade para estações chuvosa e seca. Arelado a este parâmetro, com auxílio do sensoriamento remoto foi possível obter informações acerca das repostas

térmicas que os distintos elementos que compõem a área urbana são capazes de emitir, dentre eles corpo d'água, vegetação e área urbana. Tendo como foco a cobertura vegetal, foi verificado uma relação inversamente proporcional entre os referidos parâmetros, no qual a existência de maiores índices vegetativos resulta em menores temperaturas de superfície.

Palavras-chave: Sensor Termal; Ndvi; Clima Urbano.

Abstract

This article aims to correlate the normalized difference vegetation index (NVDI) technic with surface temperatures in the period between January 2015 and June 2016, in the urban area of Juiz de Fora city (MG). In this sense, the NDVI has proven to be an important tool in identifying vegetal coverage and strength, showing sensitivity to rainy and dry seasons. Coupled to this parameter with the help of remote sensing it was possible to obtain information about the thermal responses that different elements that make up the urban area can deliver, among them, body of water, vegetation and urban areas. Focusing on the vegetation it could be observed an inverse relationship between those parameters, so the existence of higher vegetation indices results in lower surface temperatures.

Keywords: Thermal Sensor; Ndvi; Urban Climate.

1. Introdução

As cidades vêm modificando seu desenho urbano de maneira mais intensa após a revolução industrial, incorporando elementos artificiais, que acabam refletindo em alterações no meio, sobretudo, nos elementos meteorológicas, como reflexo da escassez de arborização, atividades industriais, tráfego de veículos e composições estruturais, que permitem maior absorção de calor (JESUS, 2005).

Tais alterações já puderam ser notadas em 1824 por Thomas Jefferson que encaminhou uma carta ao Dr. Lewis C Beck, de Nova Iorque, ressaltando sua preocupação com o tema e as necessidades de serem realizados periódicos levantamentos climáticos, a fim de verificar os efeitos que as clareiras e atividades de agricultura estariam propiciando ao microclima (LANDSBERGER, 2006).

Dessa forma, é a partir das relações homem-natureza e das transformações provenientes desta interação que o espaço original é alterado, conferindo particularidades nos fluxos de energia e características físicas da superfície como albedo, capacidade térmica e condutividade de calor (COX, 2008; SOUZA et al., 2016).

A urbanização, conforme destaca Nucci (1999) é capaz de transformar o ambiente natural e interferir em todos os ecossistemas (MELLO, 1995). Visto que é nos espaços urbanos “que os problemas ambientais atingem maior amplitude, notando-se maior concentração de poluentes do ar, água e degradação do solo e subsolo, em consequência do uso intenso do território pelas atividades humanas” (LOMBARDO, 1985, p. 17).

Em contraposição, a presença de vegetação na urbe confere determinadas melhorias, sendo por isso, considerada como atenuadora dos efeitos da urbanização. Dentre eles, destacam-se a redução da poluição, garantia de áreas permeáveis e a regularização do clima urbano, por propiciar temperaturas mais amenas, gerando conforto térmico (LIMA & AMORIM, 2011).

O uso de índices vegetativos tem sido bastante utilizado em estudos que ensejam realçar a variável vegetação, destacando-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Conforme ressalta Jesus (2005), este índice foi proposto por Rouse et al. (1973), usado para identificação da cobertura vegetal e visualização da sua evolução no tempo, em função dos ciclos fenológicos anuais.

Assim, o NDVI é dado pela diferença entre a reflectância no infravermelho próximo e a reflectância no visível, possui valores que se diferenciam de 1 a -1, no qual quanto mais próximo ao primeiro, maior o vigor, densidade e atividade fotossintética da vegetação (SANTOS & NEGRINI, 1997).

Este índice é gerado a partir da reflectância da superfície, sendo sensível aos pigmentos atrelados a atividade fotossintética, em especial, a clorofila (GITELSON et al. 1996 apud FIORI et al. 2015).

Ocorre, dessa forma, que a clorofila absorve luz visível a fim de utilizá-la na fotossíntese, enquanto a estrutura celular das folhas reflete a luz do infravermelho próximo. No caso de existência de uma vegetação saudável a reflectância do infravermelho próximo é maior que a luz do visível, ocasionando, em valores mais elevados como ser visualizado na figura 1. Para vegetação menos saudável ou dispersa tem-se o inverso (ESA, 2016).

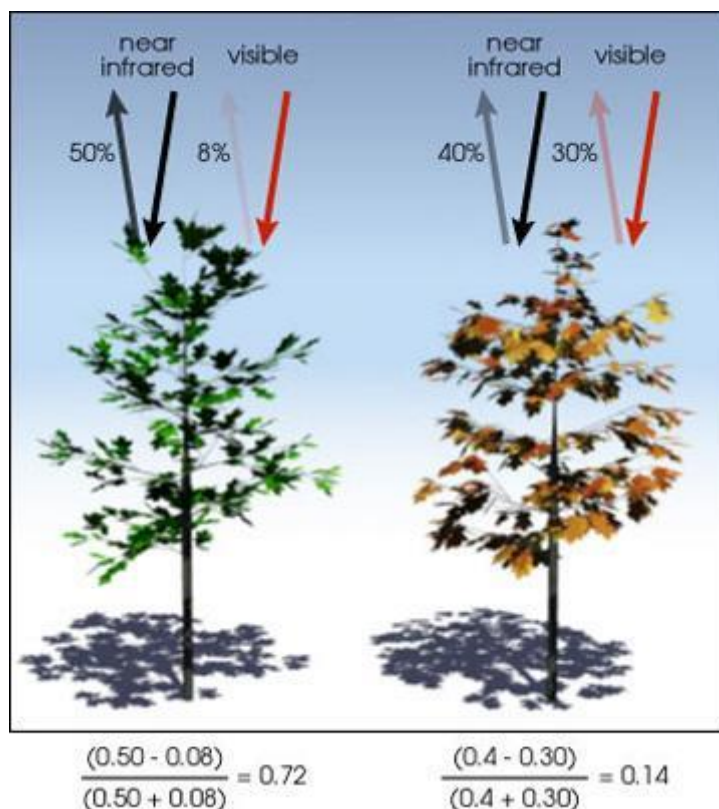


FIGURA 1. Princípios do NDVI. Fonte: ESA, 2016.

Encontra-se, assim, relações entre seus valores com as ocorrências de precipitações e temperatura de superfície, visto que em estações úmidas tende-se a aumentar a densidade foliar, o que demonstra que as oscilações entre períodos secos e úmidos influem no comportamento das plantas (SANTOS & NEGRINI, 1997; AQUINO & OLIVEIRA, 2012).

As informações acerca da temperatura de superfície são adquiridas por meio de sensores, localizados em satélites ou aeronaves, que detectam a energia emitida pelos objetos que compõem a superfície terrestre (ROCHA, 2007). Tornando-se, assim, possível o conhecimento das interações entre superfície e atmosfera (STEINKE et al., 2010). Dessa forma, o uso da banda termal, no sensoriamento remoto propicia a identificação das respostas termais em relação aos diferentes tipos de cobertura da terra.

Nesse sentido, o modo de uso e ocupação da terra de um dado local é capaz de influir na ambiência das cidades, oferecendo maiores ou menores benefícios em termos ambientais.

Com base nas considerações expostas, esta pesquisa pretende identificar as respostas térmicas no perímetro urbano de Juiz de Fora em relação ao seu uso e ocupação da terra, de

forma que possam ser observadas as áreas de maior calor e frescor e as variáveis a elas atreladas.

2. Área de estudo

O município de Juiz de Fora (Figura 2) compreende uma área de 1429,8 km² e está localizado na Unidade Serrana da Zona da Mata, caracterizado por um relevo montanhoso, cujas maiores altitudes permeiam a faixa de 1000 m, no fundo do vale do Rio Paraibuna encontra-se valores de 670 a 750 m e médias de 800 m. Seu perímetro urbano está inserido no “curso médio do Rio Paraibuna” e abrange dois grandes domínios geológicos, a saber, o Complexo Juiz de Fora e Gnaisse Piedade. Estes destacam-se como “unidades de grande extensão”, formadas por rochas metamórficas duras e resistentes, antigas, tendo sido submetidas a “dobramentos, falhamentos e fraturamentos” (PDDU, 2004, p. 211-212).

Em relação ao clima possui duas estações bem definidas, no qual de outubro a abril apresenta temperaturas mais elevadas e maior precipitação e de maio a setembro, temperaturas mais amenas e menor chuva. Devido à influência altimétrica, que perpassam médias de 700 e 900 m e contribuem para ocorrência de temperaturas mais amenas, está inserido no clima definido como tropical de altitude (PDDU, 2004).

Típica de estações bem definidas, a cobertura vegetal do município está situada na região fitoecológica denominada floresta estacional semidecidual (PDDU, 2004), caracterizados por uma perda razoável de suas folhas no período seco, em seu estrato arbóreo, de 20% a 50% conforme a estação (CAMPOS et al., 2010; FILHO, 2016).

A cidade, de porte médio, vem apresentando nas últimas décadas um crescimento populacional considerável, quando comparamos os dados apresentados pelo IBGE de 1980 a população era de 307.534 habitantes, já em 2010 esse número salta para 517.872 habitantes, podendo ressaltar como o principal responsável por esse crescimento o processo de industrialização e o crescimento do setor terciário, fazendo com que o município desempenhe função de centro regional.

Em termos legais, sua organização territorial pauta-se na lei nº 6910 de 1996 que trata das áreas rurais e urbanas do município, a lei nº 7619 de 1989 que estabelece seu perímetro urbano, o decreto municipal nº 4047 de 1988 que descreve o mesmo, e a lei nº 4219 de 1989 que define as 81 regiões urbanas que a compõem.

Assim, conforme preconizado na supracitada legislação, a área de estudo desta pesquisa compreende todo o perímetro urbano de Juiz de Fora, sendo este composto por 81 regiões urbanas, como pode ser observado no mapa 1.

No que se refere a sua conformação atual nota-se a influência dos condicionantes geomorfológicos, que propiciaram a ocupação ao longo do eixo do vale do Paraibuna, “eixo

histórico das relações de intercâmbio entre Minas Gerais e os portos oceânicos do Rio de Janeiro a Parati” (PDDU, 2004, p. 166).

A partir da década de 80 e 90 houve uma verticalização maior na sua área central em contraposição a um crescimento horizontal na periferia (PDDU, 2004). Este fator está atrelado ao leito do rio, linha férrea e morros que o circundam e acabam por limitar a expansão urbana da área, de modo que tais limitações associada ao elevado adensamento populacional inerente ao centro ocasionaram em verticalizações (CARVALHO, 2006).

Em função da ocupação humana e dos tipos de uso do solo, a cobertura vegetal da cidade foi sendo alterada, dando origem a pequenas manchas de vegetação, caracterizadas como florestas residuais secundárias e não mais originais (RIBEIRO, 2009).

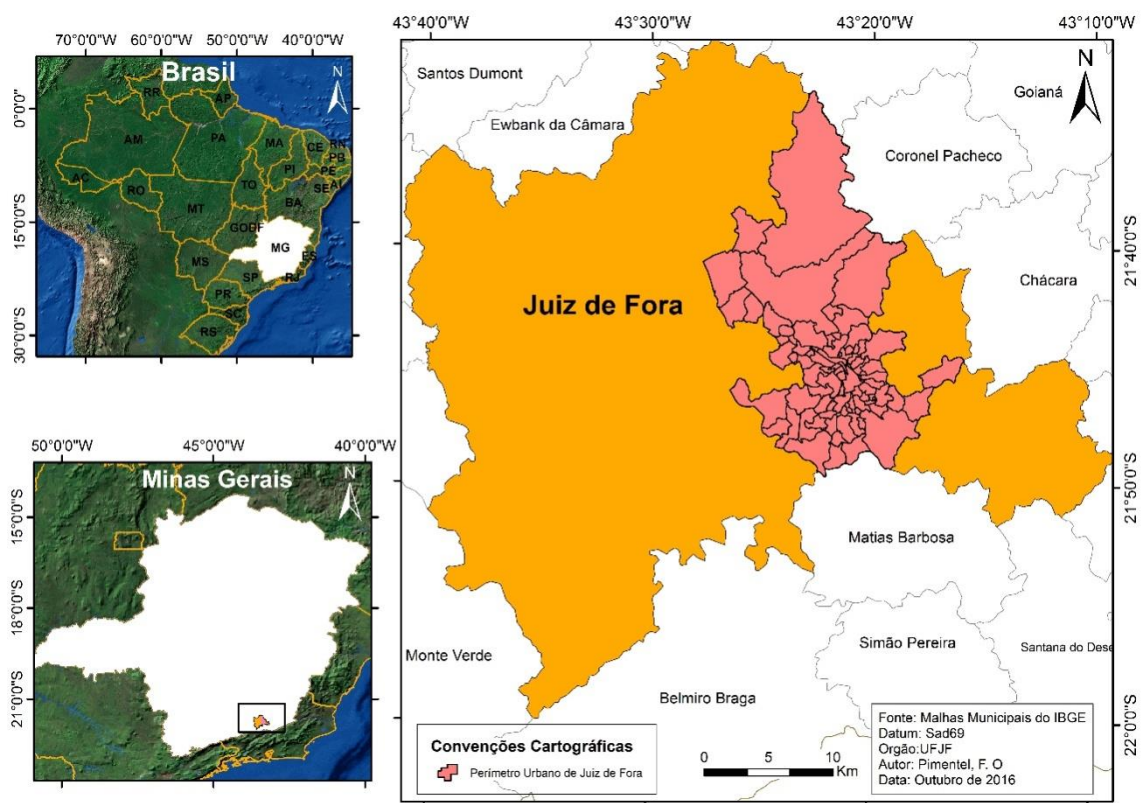


FIGURA2. Localização do perímetro urbano de Juiz de Fora.

As regiões urbanas que compõem a área de estudo podem ser visualizadas na figura abaixo.

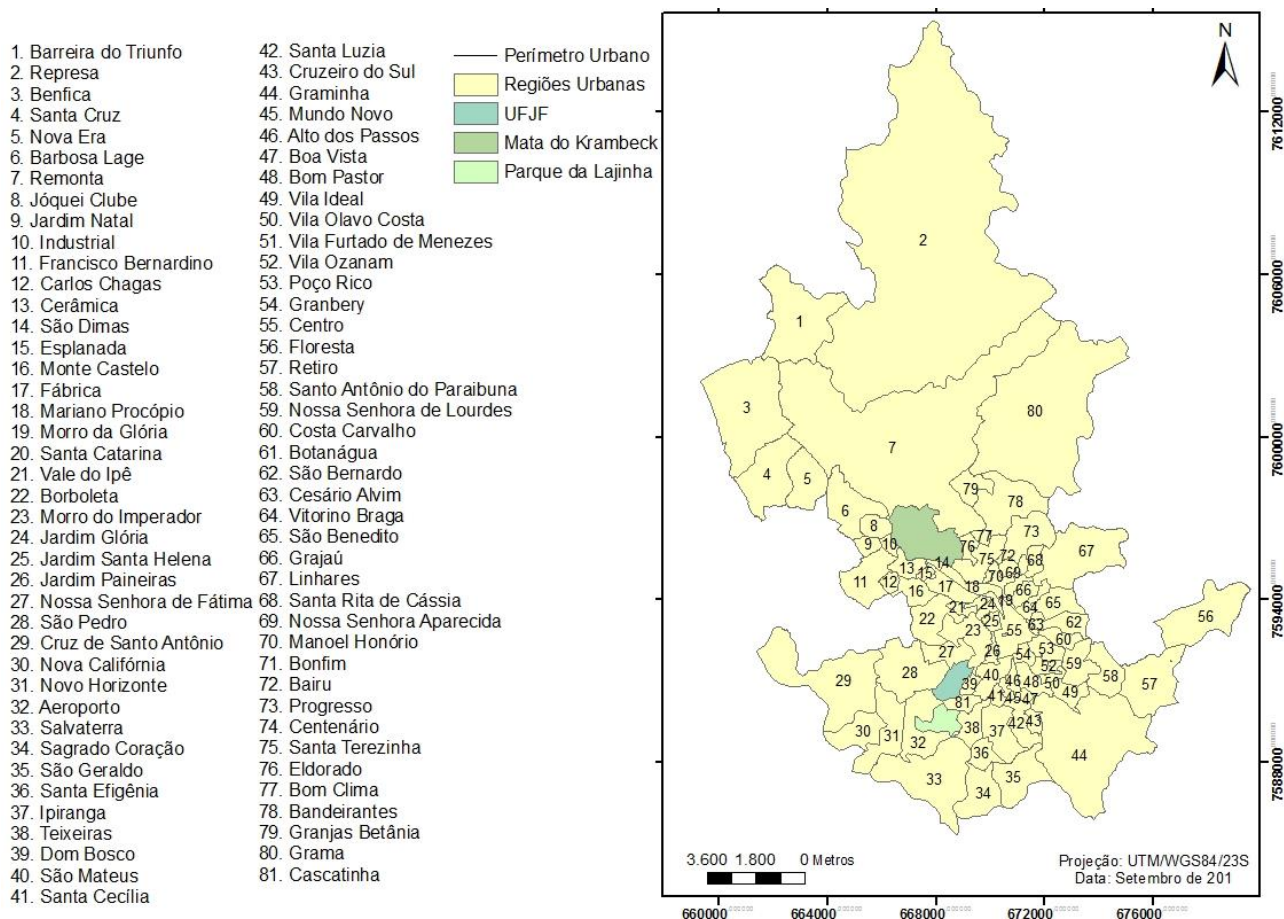


FIGURA3. Regiões urbanas de Juiz de Fora.

3. Materiais e Métodos

3.1 Aquisição dos dados

Para a confecção dos mapas de Temperatura de Superfície e Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) foram utilizadas as imagens Landsat 8, as quais foram obtidas gratuitamente, mediante registro no acervo hospedado no site do United States Geological Survey (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). O Landsat 8 faz parte da série Landsat, que foi lançado em 2013, tendo resolução temporal de 16 em 16 dias, e resolução espacial de 30 metros (USGS,2016).

Dessa forma, revela-se um nível de detalhamento, no qual objetos com dimensões menores que 30 x 30 metros não podem ser identificados (STEFFEN, 2016).

3.2 Extração dos dados

Os procedimentos para a extração das classes termais foram desenvolvidos no software Arcgis 10.2.2. Após a aquisição das imagens, as mesmas foram adicionadas em ambiente do software onde foram reprojatadas para a Projeção/Datum WGS1984 UTM Zona 23S. Foram

escolhidas imagens da estação do verão do mês de Janeiro de 2015 e da estação de inverno do mês junho de 2016, exatamente para serem feitas as análises quanto à diferença de umidade na vegetação, que influenciará nos índices, pois durante a estação seca as áreas verdes tendem a ficar mais rala e espaçada diminuindo, assim, a evapotranspiração, conseqüentemente influenciando nos índices de vegetação. O fato das imagens serem de dois anos diferentes foi em função da ausência de nuvens na área de estudo, umas das dificuldades em se trabalhar com dados orbitais, pois, a escolha da data dos produtos depende do objetivo do trabalho e também da quantidade de nebulosidade. Após a reprojeção das imagens, e correções atmosféricas, foi utilizada a ferramenta presente no Arc Tool Box denominada Raster Calculator, no qual foram inseridas as equações para a extração das faixas termais. Utilizou-se a banda 10, da faixa termal, onde foram aplicadas duas equações, disponibilizada pela USGS, e aplicada por Santos et al (2014):

$$L\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

$L\lambda$ = Radiância espectral no topo da atmosfera

M_L = Fator de multiplicação reescalado da reflectância para a banda 10 no valor de 0.00033420
 Q_{cal} = Número digital do pixel

A_L = Fator aditivo reescalado da radiância para a banda 10 no valor de -0,1.

$$T_{rad} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\gamma} + 1\right)} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

T_{rad} = Temperatura de brilho de sensor ou temperatura radiante (K)

K_1 e K_2 : Representam as constante de calibração das imagens, $K_1 = 666 \text{ W/m}^2 \text{sr}\mu\text{m}$

L_γ : a radiância espectral no topo da atmosfera em $\text{W/m}^2 \text{srad } \mu\text{m}$

Para obtenção do NDVI utilizou-se a fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$$

Em que:

NDVI: Índice de vegetação da diferença normalizada

NIR: Reflectância da faixa do infravermelho próximo

R: Reflectância da faixa do visível

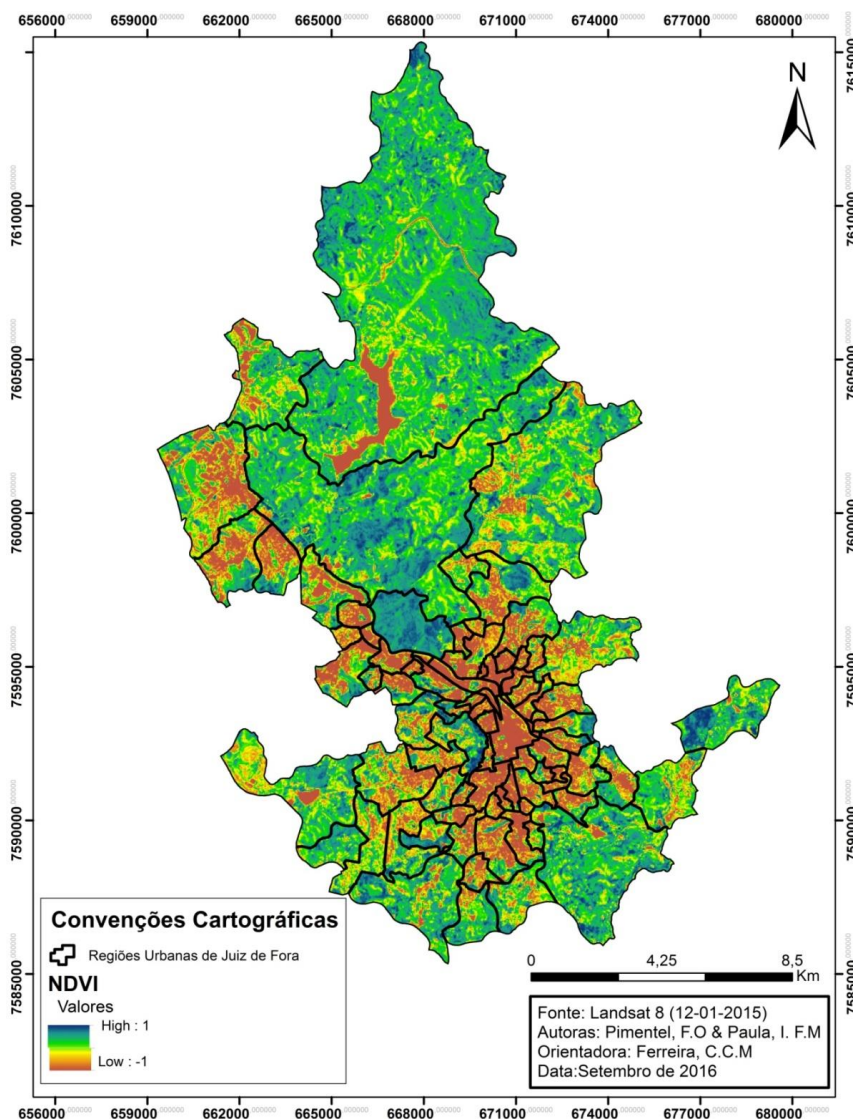
Neste processo, foram utilizados a banda 4 na reflectância da faixa do visível e a banda 5 na reflectância da faixa do infravermelho próximo. O NDVI varia entre 1 a -1, no qual valores mais

próximos ao número positivo evidenciam uma vegetação mais vigorosa. Em seguida utilizando a ferramenta extract by mask, foi recortada somente a área de interesse de estudo.

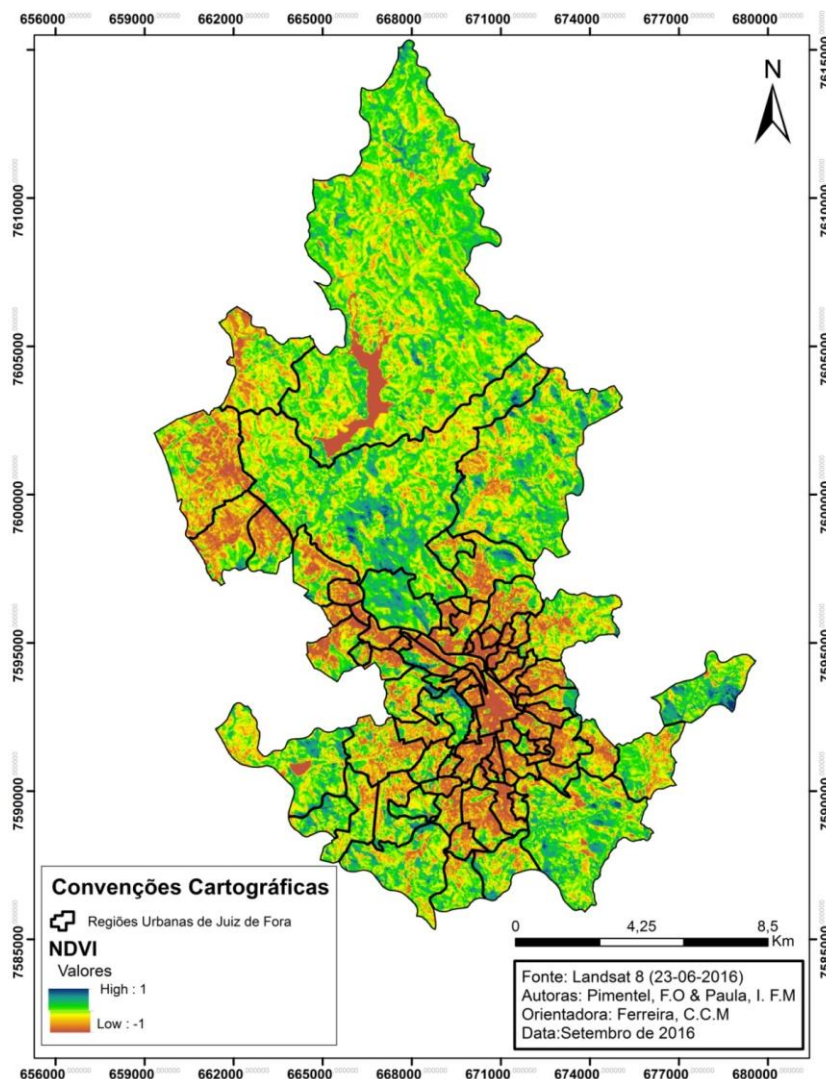
4. Resultados e discussão

Conforme destaca Covele (2011) as distintas estações, seca e chuvosa, possuem influência no crescimento da vegetação como resposta à precipitação, de forma que no período de estiagem estas tendem a ter seu desenvolvimento reduzido, o que pode ser observado por meio da diferença normalizada do índice de vegetação (NDVI). Sendo assim, tais dados podem ser evidenciados nos mapas 1 e 2, que denotam maiores índices em janeiro, período chuvoso, quando comparados a julho, período mais seco.

Dentre os índices vegetativos mais proeminentes, pode-se destacar a área relativa a fragmentos florestais, como a mata do Krambeck, na porção central do Remonta, leste e oeste do Floresta, oeste do Morro do Imperador e norte da Cruz do Santo Antônio, nas duas sazonalidades citadas. Representando, assim, ocorrência de uma vegetação mais densa nesses locais (figura 3).



MAPA 1. NDVI em janeiro de 2015.

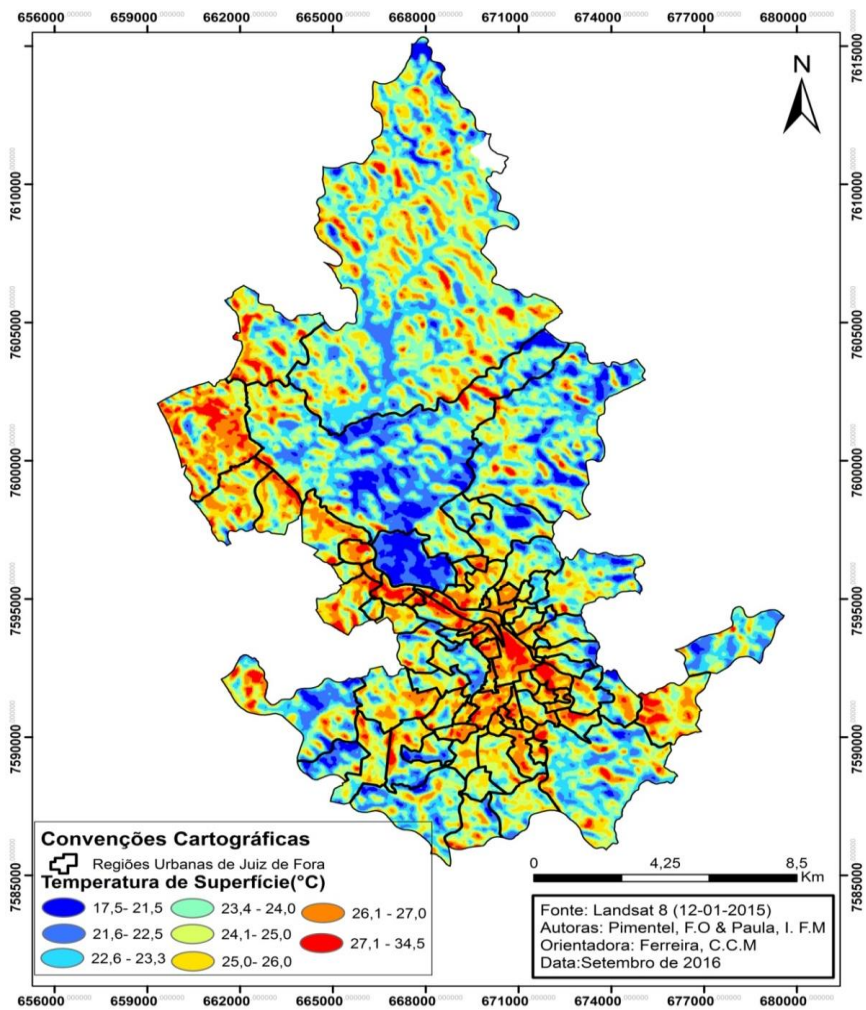


MAPA 2. NDVI em junho de 2016.

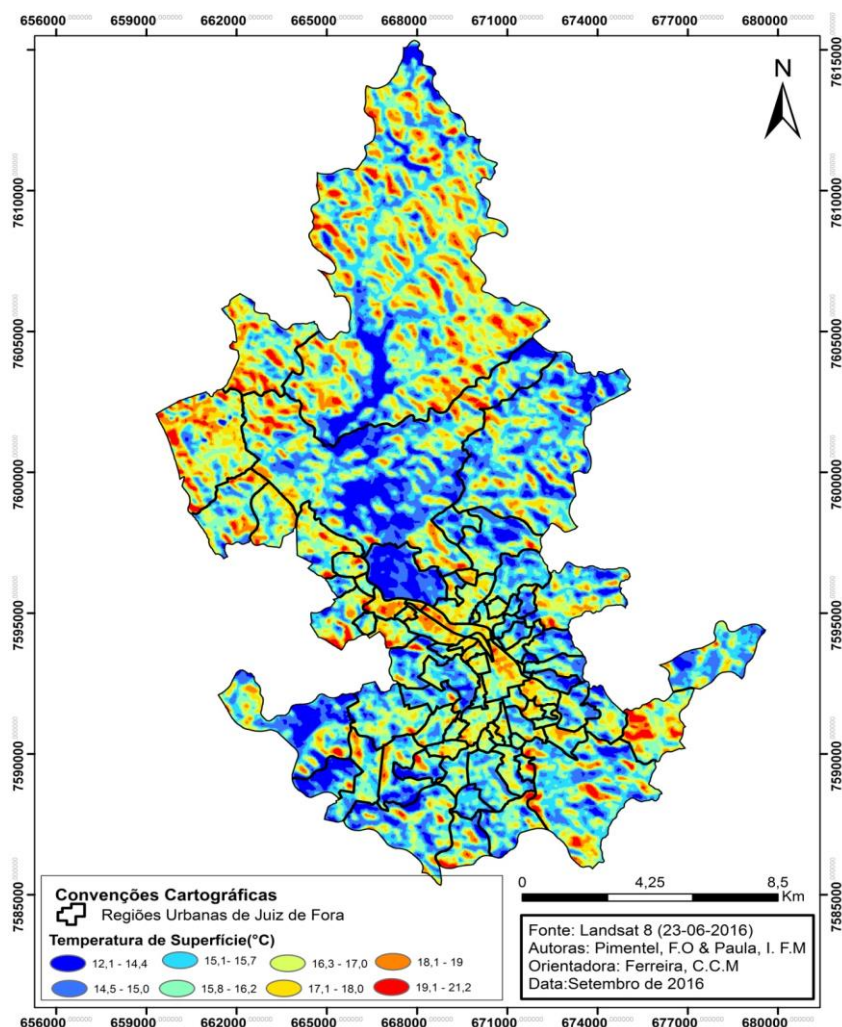
Com relação aos valores obtidos, Holben apud Silva (2014) considera que os valores negativos ocorrem quando a reflectância no visível é maior que no infravermelho, como no caso da água. Rochas e solo exposto podem obter resultados próximos à zero por possuírem reflectâncias similares e os valores mais elevados estão atrelados à vegetação de maior vigor.

No que se refere à temperatura de superfície, observa-se uma correlação inversamente proporcional entre as variáveis vegetação e temperatura, no qual onde há maiores valores da primeira ocorrem menores da segunda. Assim, uma vegetação mais adensada propicia em áreas de frescor em uma dada superfície.

Pode-se notar (mapa 3), que as maiores temperaturas, no verão, permeiam a mancha urbana central que se estabelece, sobretudo, no sentido noroeste-sudeste. Neste período, como resposta a maior incidência dos raios solares, a superfície tende a adquirir temperaturas mais elevadas, em contraposição a períodos como o inverno (mapa 4). Notadamente se estabelece no triângulo central da cidade uma mancha com os maiores intervalos de temperatura, configurando uma ilha de calor de forte magnitude.



MAPA3. Temperatura de superfície de janeiro de 2015.



MAPA 4. Temperatura de superfície de junho de 2016.

5. Considerações finais

A correlação entre os dados do NDVI e os dados de temperatura de superfície demonstra que baixos índices vegetativos estão atrelados a intervalos de temperatura mais elevados. Assim, em locais onde a vegetação é inexistente ou ocorre menos adensada tendem a emitirem maiores valores térmicos.

Os dados obtidos mostram, ainda, a influência da estação chuvosa e seca na reflectância da vegetação, que altera significativamente a biomassa em sua atividade fotossintética, modificando, assim, a resposta térmica.

Referência

- AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.
- AQUINO, C. & OLIVEIRA, J. Estudo da dinâmica do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) NO NUCLEO DE São Raimundo Nonato (PI). **Espaço e Tempo**, n. 31, p. 157-168, 2012.
- CAMPOS, J. *et al.* **Floresta estacional semidecidual**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cobf/V5_Floresta_Estacional_Semidecidual.pdf> Acesso em: Agosto de 2016.
- CARVALHO, G. **As Galerias de Juiz de Fora: Urbanidade da Área Central**. 2006. 94 p. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Universidade Católica de Campinas– PUC-Campinas, Campinas, 2006.
- COVELE, P. Aplicação de índices das condições de vegetação no monitoramento em tempo quase real da seca em Moçambique usando NOAA_AVHRR-NDVI. **Espaço e tempo**, n. 29, p; 85 – 95, São Paulo, 2011.
- COX, E. **Interação entre clima e superfície urbanizada: o caso da cidade de Várzea Grande (MT)**. 2008. Dissertação (mestrado em física e meio ambiente) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Mato Grosso– UFMT, Cuiabá.
- FILHO, J. **Floresta estacional semidecidual**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7102wx7ha087apz2x2zjco4.html> Acesso em: agosto de 2016.
- JESUS, B. **A relação entre a temperatura radiométrica de superfície (land surface temperature-LST), índice de vegetação (normalized difference vegetation index-NDVI) e os diferentes padrões de uso da terra do município de São Paulo**. 2015. 99 f. Dissertação (mestrado em geografia física) – Departamento de geografia, Universidade de São Paulo– USP, São Paulo.
- LANDSBERG, H. O clima das cidades. **Revista do departamento de geografia**, v. 18, p. 95-111, 2006.
- LIMA, V. & AMORIM, M. A utilização de informações de temperatura da superfície, do ndvi e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 1028-1035.
- LOMBARDO, M. **Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p.

- MELLO, N. Gestão urbana e qualidade de vida. In: TAUKE, S. et al. (Org). **Análise ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: UNESP, 1995, p. 193-197.
- NUCCI, J. C. Análise Sistêmica do Ambiente Urbano, Adensamento e Qualidade Ambiental. **Ciências Biológicas e do Ambiente**, v.1, n.1, p. 73-88, São Paulo. 1999.
- PDDU. **Plano diretor de desenvolvimento urbano de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: FUNALFA Edições, 2004.
- RIBEIRO, C. **Avaliação da Sustentabilidade Hídrica do Município de Juiz de Fora (MG)**. 2009. 359 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Federal de Juiz de Fora– UFJF, Juiz de Fora, 2009.
- ROCHA, C. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: s.n., 2007.
- ROUSE, J. et al. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. Texas A&M University Remote Sensing Center. College Station, Texas. 1974.
- SANTOS, P. & NEGRINI, A. A comparison of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and Northeastern Brazil. **Journal of applied meteorology**. 1997.
- SANTOS, A. et al. **Sensoriamento Remoto no Arcgis 10.2.2, passo a passo: processamento de Imagens Orbitais**, v.1, Alegre, Espírito Santo, 2014.
- SILVA, G. **Análise de sensibilidade do NDVI na parametrização da modelagem atmosférica para a região oeste do Pará**. 2014. 96 f. Dissertação (mestrado em recursos naturais da Amazônia) – Universidade Federal do Oeste do Pará– UFOPA, Santarém, 2014.
- SOUZA, J. et al. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura de superfície: o estudo de caso de João Pessoa (PB). **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 21-37, 2016.
- STEFFEN, C. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Disponível em: <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em: Outubro de 2016.
- STEINKE, V. et al. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina, DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 6, v. 6, jun., 2010.
- ESA. Agência Espacial Europeia. **Índices de vegetação**. Disponível em: http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_PT/SEMGP1ZWD2H_0.html. Acesso em: Setembro de 2016.