

RELAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL ENTRE NDVI E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NO SUDOESTE GOIANO

Jean Gonçalves Oliveira¹, Lucas Soares da Silva Aires¹, José Wilson Batista da Silva Júnior¹, Lucas Peres Angelini²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde – GO {jeanhti@gmail.com; lucas.s.s.aires@gmail.com; juswilsons@hotmail.com}.

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO {lucas.angelini@ifgoiano.edu.br}.

RESUMO

A região sudoeste goiana destaca-se como referência nas atividades agrícolas. Nesse contexto, insere-se o município de Rio Verde, o principal centro agrícola dessa microrregião. Junto com as atividades agrícolas, resulta a mudanças relacionadas ao uso do solo e avanço da área urbana. Como consequência, ocorre a diminuição de áreas vegetadas o que pode ocasionar mudanças nas trocas energéticas da superfície. Com isso, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a relação espaço-temporal do NDVI com a temperatura da superfície no sudoeste Goiano a partir de imagens do satélite Landsat 5. No período de estudo, houve diminuição do NDVI em 11% nas áreas antropizadas, em oposição, houve aumento do mesmo parâmetro em áreas de vegetação nativa. Como consequência, as áreas antropizadas apresentaram médias de temperatura da superfície significativamente maiores do que as áreas de vegetação, com áreas de agricultura apresentando os maiores valores.

Palavras-chave — Sensoriamento remoto, áreas urbanas, índices de vegetação, Landsat 5.

ABSTRACT

The southwestern region of Goiás stands out as a reference in agricultural activities. In this context, the municipality of Rio Verde is inserted as the the main agricultural center of this micro-region. Along with the agricultural activities, it results to changes related to the soil use and growing of the urban area. As a consequence, the decrease of vegetated areas occurs which can cause changes in the energetic exchanges of the surface. Therefore, the objective of this work was to evaluate the space-time relationship of the NDVI with the surface temperature in southwest of Goiás State from images of Landsat 5 satellite. In the study period, NDVI decreased by 11% in the anthropic areas; in contrast, there was an increase of the same parameter in areas of native vegetation. As a consequence, the anthropic areas showed significantly higher surface temperature averages than the vegetation areas, with areas of agriculture showing the highest values.

Key words — Remote sensing, urban areas, vegetation indices, Landsat 5

1. INTRODUÇÃO

O município de Rio Verde está localizado na microrregião do sudoeste goiano, sendo referência no agronegócio. Ao longo dos seus 169 anos de existência passou por um grande processo de urbanização, tendo como marco do seu desenvolvimento o ano de 1970, devido a abertura dos Cerrados, o qual atraiu agricultores de diversas regiões do país [1].

As diversas mudanças relacionadas ao uso do solo no perímetro urbano podem ocasionar alterações no albedo da superfície, modificando, assim, o balanço de radiação e energia superficial [2]. As consequências das modificações do albedo da superfície podem influenciar as temperaturas locais, de modo que, em áreas onde ocorre substituição da vegetação por elementos de urbanização, a temperatura média local tende a ser maior do que áreas vegetadas [3].

A temperatura da superfície é um parâmetro importante para diversos modelos ambientais, em especial, aqueles relacionados à transferência de energia e matéria na interface superfície atmosfera [4]. Sendo assim, esse parâmetro é um importante fator em modelos de mudanças climáticas e de previsões do tempo.

A temperatura da superfície pode ser obtida através de medições locais e de sensoriamento remoto, sendo essas ferramentas de grande importância na captação e obtenção de dados ambientais [5]. No caso dos sensores remotos, é possível obter dados em escalas espaço-temporais variadas. De acordo com [6] há cada vez mais estudos demonstrando que o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) pode ser relacionado com diversas variáveis climáticas, como a temperatura da superfície. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a relação espaço temporal do NDVI com a temperatura da superfície do município de Rio Verde, Goiás, através de imagens obtidas pelo satélite Landsat 5 TM.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo é o município de Rio Verde, que está situada na região sudoeste do Estado de Goiás, cerca de 230 quilômetros de Goiânia, capital do estado. A cidade está localizada na latitude 17° 43' 53" S e na longitude 50° 35' 18" O, a uma altitude média de 750 metros acima do nível do mar compreendendo uma área de 8.379,661 Km² [7].

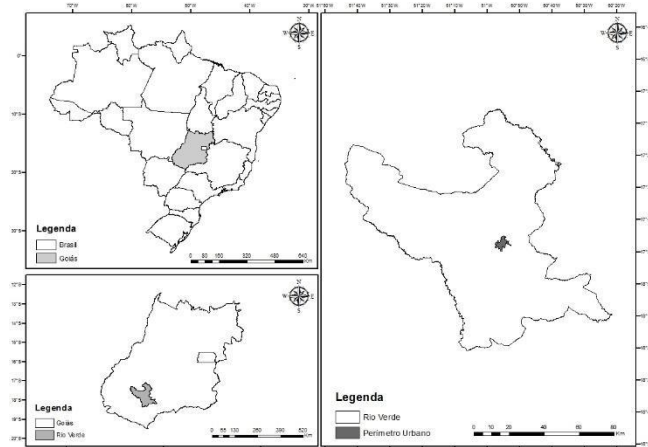


Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Rio Verde, Goiás Brasil

A vegetação predominante na região é o Cerrado, com clima tropical úmido, classificado como Aw de acordo com Köppen e Geiger, com uma pluviosidade média anual 1539 mm. Segundo o último censo, possui uma população de 176.424 habitantes com previsão de 229.651 habitantes para o ano de 2018 [8].

As escolhas dos pontos para caracterizar cada tipologia de uso do solo, foram feitas com o auxílio do Google Earth Pro, o qual possibilitou a melhor identificação das áreas de interesse no município de Rio Verde. Foram escolhidos três pontos diferentes para representar cada tipo de uso e ocupação do solo, sendo: áreas de agricultura, áreas do perímetro urbano e áreas vegetação nativa, sendo estes pontos constituídos por uma matriz de 9 pixel (3x3).

2.2 Aquisição de imagens

Neste estudo foram utilizadas 6 imagens obtidas do Satélite Landsat 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) da órbita 223, ponto 72. As datas de passagem do satélite remetem-se aos meses de agosto dos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010. Todas as imagens obtidas referentes ao período de estiagem da região. As imagens foram obtidas pela plataforma ESPA (*EROS Science Processing Architecture*) do Serviço Geológico Americano (USGS). Foram obtidas as refletâncias da superfície corrigidas para efeitos atmosféricos processadas pelo LEDAPS (*Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System*) que consiste em um complexo algoritmo que integra dados internos dos sensores (*metadados*) com dados externos (NCEP - *National Center for Environmental Prediction*, NOAA - *National Oceanic and Atmospheric*

Administration e NASA - *National Aeronautics and Space Administration*) para correção das refletâncias topo da atmosfera em refletâncias da superfície utilizando o código de transferência radiativa 6s [9].

2.3 Análise dos dados

As médias do NDVI e da temperatura da superfície para os diferentes usos dos solos foram calculadas com intervalo de confiança (IC) de $\pm 95\%$ utilizando bootstrapping de 1000 interações com reamostragens aleatórias com substituição [10].

2.4 Estimativa do NDVI e Correção da Temperatura de brilho

O NDVI pode ser obtido através de uma razão simples com o intervalo entre -1 a 1, onde quanto maior for o seu valor mais se aproximam de uma condição de vegetação intensa [11]. O cálculo do NDVI é realizado através da relação de refletância da superfície para as bandas do vermelho e do infravermelho próximo (bandas 3 e 4 do Landsat 5).

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad \text{Eq. (1)}$$

em que ρ_3 e ρ_4 são as refletâncias da superfície das bandas 3 e 4 do Landsat 5. As bandas em questão foram escolhidas, pois possuem alta resposta espectral em relação aos pigmentos da vegetação verde na superfície.

A obtenção da temperatura da superfície foi realizada a partir da correção da radiância banda termal do Landsat 5 TM (Banda 6), utilizando o modelo de correção proposto por [12].

$$L_c = \frac{L_{toa} - L_u - \tau(1 - \epsilon_{sup})L_d}{\tau \epsilon_{sup}} \quad \text{Eq. (2)}$$

em que L_c é a radiância termal corrigida, L_{toa} é a radiância espectral no topo da atmosfera, L_u é a radiância espectral emitida pela superfície, L_d é a radiância emitida pela atmosfera em direção a superfície, τ é a transmissividade atmosférica para a banda termal e, ϵ_{sup} é a emissividade da superfície para a banda 6.

Os parâmetros L_u , L_d e τ foram obtidos através da ferramenta *Web-calculator* disponível online [<https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>]. Esta ferramenta é disponibilizada pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço Norte Americana (NASA) para quantificações dos fluxos atmosféricos ascendentes e descendentes a partir da integração de dados do NCEP para uma determinada data e região. A *web-calculator* utiliza o código MODTRAN versão 4,0 em um conjunto de algoritmos de integração para fornecimento dos parâmetros necessários na Equação 2 [13].

A conversão dos valores de radiância corrigida em valores de temperatura da superfície foi obtida a partir da equação:

$$T_s = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{Lc}\right) + 1} \quad \text{Eq (3)}$$

onde que K1 e K2 são os valores referentes as constantes de calibração para a banda termal 6 do Landsat 5 TM que valem 607,76 ($W.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$) e 1260,56 K, respectivamente.

3. RESULTADOS

O NDVI das áreas de vegetação aumentou durante os anos de estudos, apresentando incremento de até 11,48%. Já nas áreas de agriculturas e perímetro urbano, houve declínio do NDVI de 4 % e 11%, respectivamente (Figura 2).

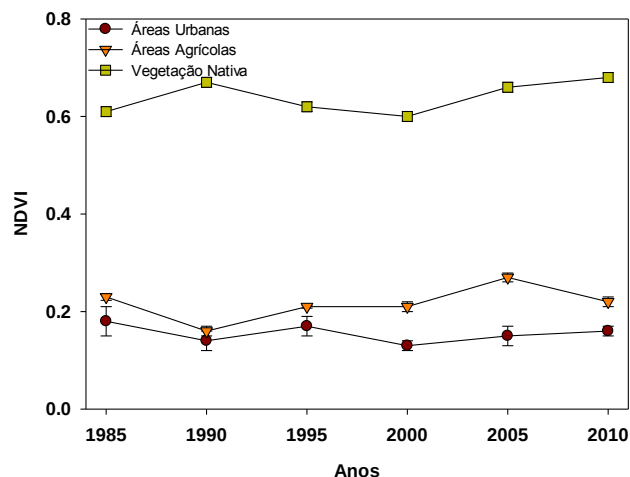


Figura 2 – Variação temporal do NDVI com intervalo de confiança (± 95) para os diferentes usos do solo em Rio Verde, Goiás, Brasil.

As áreas de vegetação, apresentaram no ano de 2010 os maiores valores de NDVI, aproximadamente 13% maior que o ano 2000, o que representou o menor resultado. O NDVI nas áreas de agricultura nos anos 1990 e 2005, foram os que apresentaram os menores e maiores resultados respectivamente, apresentando uma variação de 68,75%. Nas áreas de perímetro urbano, o ano de 1985 obteve o maior resultado de NDVI, cerca de 38,5% maior que o NDVI obtido no ano 2000.

As temperaturas da superfície nos diferentes usos do solo apresentaram diferenças significativas durante os anos de estudos, com exceção o ano 2000 (Figura 3). As áreas antropizadas apresentaram médias significativamente maiores do que as áreas de vegetação, sendo que as áreas de agricultura obtiveram os maiores valores de T_s . No ano de 2000, o perímetro urbano apresentou um incremento de 3,8% na temperatura da superfície em relação ao ano de 1990. Já a agricultura apresentou um acréscimo de 5,2% em relação ao ano de 1995. Nas áreas de vegetação houve um declínio de até 11% em sua temperatura da superfície durante os anos analisados.

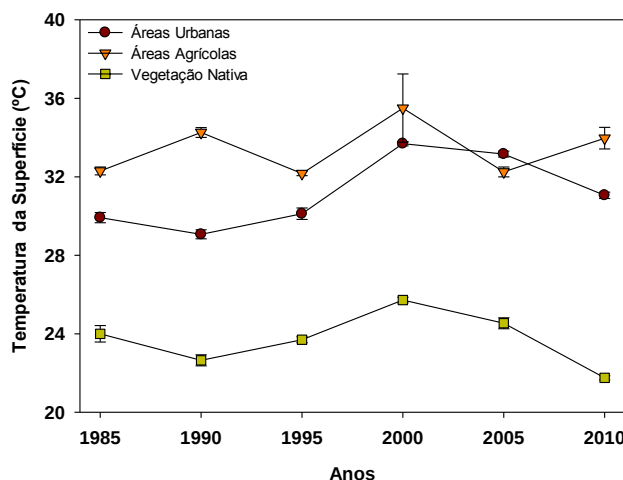


Figura 3 – Variação temporal da temperatura da Superfície (T_s) com intervalo de confiança (± 95) para os diferentes usos do solo em Rio Verde, Goiás, Brasil.

Todas as áreas analisadas apresentaram as maiores temperaturas no ano 2000. Nas áreas de vegetação, a menor temperatura foi encontrada no ano de 2010, representado uma variação de 18,2% em relação ao ano 2000. Nas áreas de agricultura, houve um aumento de 10,35% em relação a 1995, ano que teve o menor valor. Já o perímetro urbano, o aumento foi de 15,9% comparado com o menor resultado encontrado no ano 1990.

4. DISCUSSÃO

4.1. Avaliação espacial do NDVI

Como resultado do desenvolvimento urbano, as cidades se tornam cada vez mais complexas devido o número crescente de modificações no ambiente, com diminuição das áreas vegetadas [14]. Em adição, o desenvolvimento da agricultura na região aos longos dos anos colocou o município como destaque no cenário nacional[15], consequentemente houve maiores alterações no uso do solo resultante do desenvolvimento econômico.

As áreas urbanas apresentaram um menor NDVI quando compara as demais áreas de estudo. Esta relação está ligada ao fato de que este índice de vegetação foi calculado a partir das refletâncias das bandas 3 e 4 que possui alta interação com elementos da biomassa. Esse índice destacam o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com os parâmetros biofísicos da vegetação, como biomassa, Índice de Área Foliar (IAF), quantidade de cobertura vegetal dentre outros[16].

O aumento dos índices de vegetação nos usos do solo analisados ao longo dos anos, pode estar relacionado ao fortalecimento das políticas de conservação e recuperação da vegetação nas últimas décadas. Os elevados valores de NDVI nas áreas de agricultura em relação as regiões de área urbana, pode ser consequência da colheita tardia das cultivares que foram plantadas.

4.2. Relação entre NDVI e a temperatura da superfície

Em relação a temperatura da superfície, observou-se uma relação inversamente proporcional com o NDVI, ou seja, onde há maiores valores de temperatura ocorrem menores de NDVI [17]. Estes comportamentos ocorrem pelo fato da superfície que sofreu ação antrópica possuir uma capacidade térmica maior, destinando maior parte da energia líquida disponível para aquecimento do ar e do solo [2].

Para as áreas de agricultura, observou-se uma maior temperatura da superfície quando comparado as áreas urbanas. Esse fato pode ser explicado devido essas áreas possuírem uma maior fração de solo exposto. A diminuição das temperaturas das superfícies durante o período de estudo, pode estar relacionado manutenção de áreas vegetadas com o passar dos anos. O que ressalta a importância dos serviços ecossistêmicos proporcionados pela cobertura vegetal, reforçando a importância da manutenção da cobertura vegetal em áreas urbanas [18].

5. CONCLUSÕES

Não houve diferenças significativas do NDVI para os usos do solo ao longo dos anos analisados. Entretanto, observou-se que as áreas de antropizadas apresentaram médias de temperatura da superfície significativamente maiores do que as áreas de vegetação.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Localização e clima da cidade de Rio Verde. **Rio Verde**. Disponível em: <<http://www.rioverde.go.gov.br/i.php?si=aci&id=15>>. Acesso em: 10 out. 2018.
- [2] CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L.C.; OLIVEIRA, A.S.; NOGUEIRA, M.C.J.A. Uso do solo e Temperatura Superficial em Área Urbana. *Mercator*. v. 10, n. 23, p. 207-223, 2011.
- [3] CUNHA, J. E.de ; B. L. et al. Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir de imagens do satélite Landsat 5-TM. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, v. 14, p. 5717-5724, 2009.
- [4] SOUZA, J.D. de; SILVA, B. B; da. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: Landsat 5. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 349-358, 2005.
- [5] SILVA, B. B. Aplicações Ambientais Brasileiras de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Embrapa Algodão-Livros científicos (ALICE), Campina Grande: EDUFPG, 216 p. 2013
- [6] GURGEL, H. da C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J.B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2003.
- [7] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [Cidades] Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=521880&lang=_PT>. Acesso em: 30 out. 2018, 08:10:35.
- [8] BRASIL, IBGE – Censo Demográfico, 2010. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 out 2018
- [9] SCHMIDT, G.L.; JENKERSON, C.B.; MASEK, J.; VERMOTE, E.; GAO, F. Landsat ecosystem disturbance adaptive processing system (LEDAPS) algorithm description: U.S. **Geological Survey Open-File Report 2013**.
- [10] EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J. An introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, New York. p. 443, 1993.
- [11] ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A. and DEERING, D.W., 1973, Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I, pp. 309–317.
- [12] BARSÍ, J. B.; SCHOTT, J. R.; PALLUCONI, F. D.; HOOK. S. J. Validation of a webbased atmospheric correction tool for single thermal band instruments. *Proc. SPIE 5882, Earth Observing Systems X*, 58820E, 2005.
- [13] BARSÍ, J.A.; BARKER, J.L.; SCHOTT, J.R. An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earthsensing instrument. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pp. 3014–3016, 2003.
- [14] SPÓSITO, E. S. A vida nas cidades. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2001. 90 p
- [15] PREFEITURA DE RIO VERDE. [Download de arquivos]. Disponível em:< <http://www.rioverdegoias.com.br/i.php?si=arq>>. Acesso em 29 de Out. 2018.
- [16] EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.
- [17] PAULA, I.F.M.; PIMENTEL,F.O; FERREIRA,C.C.M. Correlação Entre A Temperatura De Superfície E O Índice Vegetativo No Perímetro Urbano De Juiz De Fora – Mg - **Revista De Geografia – Ppgeo 2016**
- [18] DUARTE,T.E..P; ANGEOLETTO F.H.S; SANTOS J.W.M.C; LEANDRO D. S; BOHRER J.F.C; VACCHIANO,M.C; O Papel da Cobertura Vegetal nos Ambientes Urbanos e sua Influência na Qualidade de Vida nas Cidades. **Editora Unijui 2017**