

USO DE IMAGENS DO LANDSAT 8 PARA DETERMINAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM MUNICÍPIOS DA GRANDE VITÓRIA

C.C. Cola^{1,2}, B.B. Lopes¹, W. S. Bazan¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil

² Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados de um estudo feito para avaliar correlação existente entre a Temperatura da Superfície Terrestre (TST) e a presença de cobertura vegetal, identificada por meio do uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*. Para tanto, foram utilizadas as imagens do satélite LANDSAT 8 (L8), mais especificamente, as bandas espectrais 4, 5 e 10, cujo imageamento data do dia 27/07/2016. Estas bandas representam, respectivamente, as bandas do vermelho (0,64 – 0,67 μm), infravermelho próximo (0,85 – 0,88 μm) e infravermelho termal (10,60 – 11,19 μm). A área de estudo compreendeu os municípios de Vitória, Vila Velha e Serra, estado do Espírito Santo, com um *buffer* de 10 km em torno dos seus limites políticos, incluindo, portanto, parte dos municípios vizinhos, além de uma faixa marítima. No que tange a qualidade de vida da população, os fatores temperatura da superfície terrestre e presença de vegetação devem ser considerados conjuntamente, uma vez que o conhecimento sobre a possível correlação entre estas duas variáveis se torna preponderante para tomada de decisões visando o bem-estar da população. A análise do gráfico de dispersão entre os valores amostrais de TST e NDVI mostrou que o comportamento da linha de tendência foi melhor representado por um polinômio de grau 3, cujo coeficiente de determinação R^2 foi de 0,73, indicando uma alta correlação entre os valores de TST e NDVI. No que diz respeito aos valores associados à presença de vegetação de grande porte (NDVI maior que 0,5), caracterizadas por áreas de vegetação nativa preservada, como matas ciliares, parques e reservas naturais, verificou-se que a TST decresce na medida em que o NDVI aumenta representando uma redução de temperatura de aproximadamente 4°C.

Palavras-chave: Temperatura de Superfície Terrestre, Índice de Vegetação, Landsat 8, Banda Termal, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

This paper presents the findings of the study for evaluating the correlation between the Land Surface Temperature (LST) and the presence of vegetation cover, identified by the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Therefore, the researchers used images from LANDSAT 8 (L8) satellite, specifically, the spectral bands 4, 5 and 10 were used, whose capture dates the September 27th of 2016. These bands represent, respectively, the red band (0,64 – 0,67 μm), the near infrared band (0,85 – 0,88 μm) and the thermal infrared band (10,60 – 11,19 μm). The studied area encompasses the following counties of the main metropolitan area of the state of Espírito Santo: Vitória, Vila Velha and Serra, with a 10 km buffer surrounding it's political limits, including, thus, part of the neighboring counties and also a sea track. Regarding the importance of population's quality life, both terrestrial surface temperature and vegetation presence should be considered together, since the knowledge about the possible correlation between these two variables becomes preponderant for decision towards the well-being of the population. The analysis of the scatter plot between the TST and NDVI values showed that the behavior of the trendline was best represented by a degree 3 polynomial, whose R-Squared was 0.73, indicating a high correlation between the values of TST and NDVI. In relation to the values associated with the presence of dense vegetation (NDVI greater than 0.5), characterized by areas of preserved native vegetation, such as riparian forests, parks and natural reserves, it was verified that the TST decreases according as the NDVI increases and that represents a temperature reduction of approximately 4°C

Keywords: Land Surface Temperature, Normalized Difference Vegetation Index, Landsat 8, Thermal Band, Remote Sensing.

1- INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto é uma Ciência que possibilita a aquisição de informações a cerca da superfície terrestre sem a necessidade de contato físico com os objetos e materiais que a compõe, propiciando o monitoramento, medição e análise de importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra (ELACHI, 1987; JENSEN, 2009). Associada ao uso de ferramentas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), esta Ciência permite, por exemplo, que seja estudada a relação entre a temperatura de superfície e presença de vegetação em qualquer lugar da Terra, desde que haja disponibilidade de imageamento multiespectral em bandas específicas para tal finalidade.

A TST é abordada pelos estudos de Ayoade (2011), tratando-se de um indicador físico que se refere ao fluxo de calor resultante do balanço entre a radiação que chega e que sai de um determinado objeto, ou simplesmente a temperatura que é sentida pelas mãos quando tocamos uma superfície (RAJESHWARI, A.; MANI, N. D., 2014), podendo ser calculada em graus Celsius a partir das bandas 10 e 11 oriundas do sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) acoplado ao Landsat 8 (L8).

Por sua vez, o NDVI é um índice que normaliza a diferença da vegetação e escalona seus níveis dentro do intervalo de -1 a +1, podendo ser obtido a partir das bandas 4 e 5, adquiridas pelo sensor OLI (*Operational Land Imager*) do L8. Os valores mais altos deste índice apontam maior presença de vegetação (ROUSE et al., 1974).

No que tange a qualidade de vida da população, os fatores TST e a presença de vegetação devem ser considerados conjuntamente, uma vez que o conhecimento sobre a possível relação entre estas duas variáveis se torna preponderante para tomada de decisões visando o bem estar dos cidadãos.

2- ÁREA DE ESTUDO

A área de interesse foi determinada pelos municípios de Vitória, Vila Velha e Serra, com um *buffer* de 10 km partindo de seus limites municipais. Estes três municípios, que integram a maior parte da área estudada, somam cerca de 854 mil km² (IBGE, 2016), compondo parte da Região Metropolitana da Grande Vitória. Com o *buffer*, incluiu-se partes de municípios vizinhos e uma faixa marinha.

3- MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia proposta para atendimento do escopo deste trabalho compreendeu a produção de mapas de TST e NDVI da área de estudo, assim como uma grade de pontos os quais foram visualmente confrontados e apoiados pela análise gráfica dos

resultados de uma regressão não-linear, acompanhada do cálculo do coeficiente de determinação (R²) entre as variáveis.

As equações para cálculo da TST e do NDVI, a partir das bandas do L8, foram extraídas de Zanter (2016), adaptadas e fornecidas nas seções 3.2 e 3.3. Para a produção dos mapas em formato *raster* e interpolação dos dados de TST e NDVI para a grade de pontos amostrais, bem como todo o ambiente de visualização dos dados provieram do software livre Qgis 2.18. Já a análise gráfica dos resultados da regressão e o cálculo do R² entre os dados foram feitos a partir da planilha do Microsoft Excel 2010.

3.1- DADOS UTILIZADOS

Para a aquisição dos dados de TST e NDVI utilizou-se uma imagem do satélite L8 de órbita número 215 e ponto 74, cujo imageamento data o dia 27/07/2016 e horário central às 9:38 (horário de Brasília).

Esse programa espacial é gerido pela USGS em parceria com a NASA. O satélite L8 é composto por dois sistemas sensores o TIRS e o OLI, conforme mencionado anteriormente. Com relação às bandas utilizadas neste trabalho, a banda 10 é imageada pelo sensor TIRS e foi utilizada para o cálculo da TST. Para o cálculo do NDVI, utilizou-se das bandas 4 e 5, imageadas pelo sensor OLI.

Segundo Zanter (2016), um problema de luz dispersa adentrando o caminho ótico do sensor afeta a performance da banda 11 o que a torna ligeiramente fora de especificação, inviabilizando a utilização conjunta dessas duas bandas. Por este motivo, considerou-se somente o uso da banda 10 para determinação da TST.

Originalmente, as imagens do L8 são disponibilizadas no sistema de coordenadas UTM, datum WGS 84, contudo, projetadas para o hemisfério norte mesmo para o imageamento feito no hemisfério sul. Logo, no caso particular deste trabalho as imagens foram reprojetadas para o hemisfério sul, estando referenciadas, portanto, ao fuso 24s.

Para apoiar a confrontação visual na etapa de análise dos resultados, utilizou-se de um ortomosaico produzido por aerofotogrametria digital na área de estudo, com resolução espacial de 25 cm.

3.2- TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA TERRA (TST)

Os cálculos para confecção do mapa de TST a partir da banda 10 se iniciam pela transformação dos valores digitais em radiância espectral (L_λ):

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

onde,

- L_λ - Radiância espectral;
- M_L - Fator escalar multiplicativo de radiância da banda 10;
- Q_{cal} - Valor do pixel em número digital;
- A_L - Fator escalar aditivo de radiância para a banda 10.

Na sequência, procede-se com o cálculo da temperatura em graus Celsius ($T_{°C}$):

$$T_{°C} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273,15 \quad (2)$$

onde,

- $T_{°C}$ - Temperatura em $°C$;
- K_1 e K_2 - Constantes de conversão térmica para a banda 10;
- L_λ - Radiância espectral;
- $\ln$ - Logaritmo neperiano.

A Figura 1 apresenta o mapa de TST, gerado a partir do software Qgis 2.18.

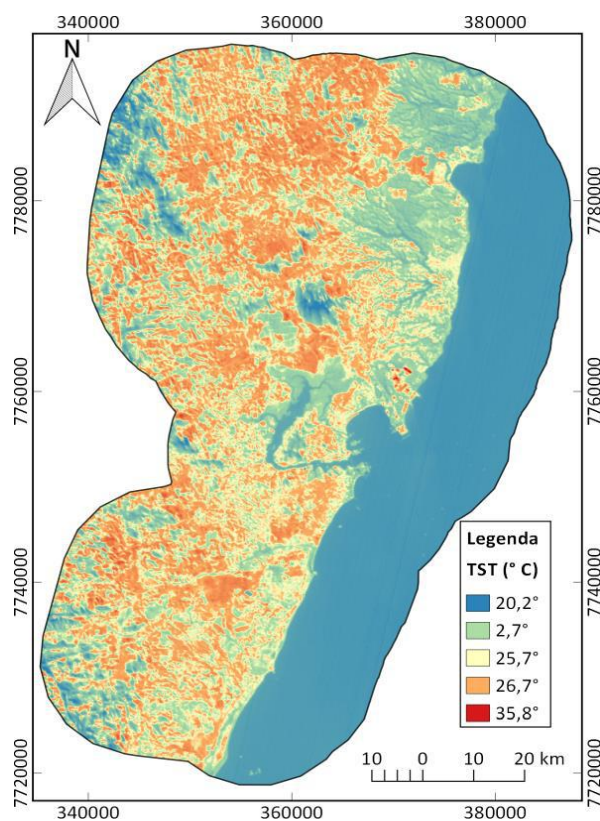


Fig. 1 – Mapa de TST gerado para a área de estudo.

3.3- ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

Segundo Jensen (2009), existe uma desvantagem que deve ser considerada no cálculo de NDVI. Por se

tratar de uma razão (logo, a relação é não-linear) os resultados podem ser influenciados pela presença de ruídos. A fim de se minimizar este inconveniente, o cálculo de NDVI foi realizado com base nas imagens convertidas em reflectância no topo da atmosfera ($Refl_{TA}$), conforme segue:

$$Refl_{TA} = \frac{M_P \times Q_{cal} + A_P}{\sin(\theta)} \quad (3)$$

onde,

- $Refl_{TA}$ - Reflectância no topo da atmosfera;
- M_P - Fator multiplicativo da banda;
- Q_{cal} - Valor do pixel em número digital;
- A_P - Fator aditivo da banda;
- θ - Ângulo de elevação solar.

O cálculo do NDVI é dado pela relação abaixo:

$$NDVI = \frac{B5_{Refl_{TA}} - B4_{Refl_{TA}}}{B5_{Refl_{TA}} + B4_{Refl_{TA}}} \quad (4)$$

onde,

- $B4_{Refl_{TA}}$ - Banda 4 convertida em reflectância no topo da atmosfera;
- $B5_{Refl_{TA}}$ - Banda 5 convertida em reflectância no topo da atmosfera;

A Figura 2 apresenta o mapa de NDVI.

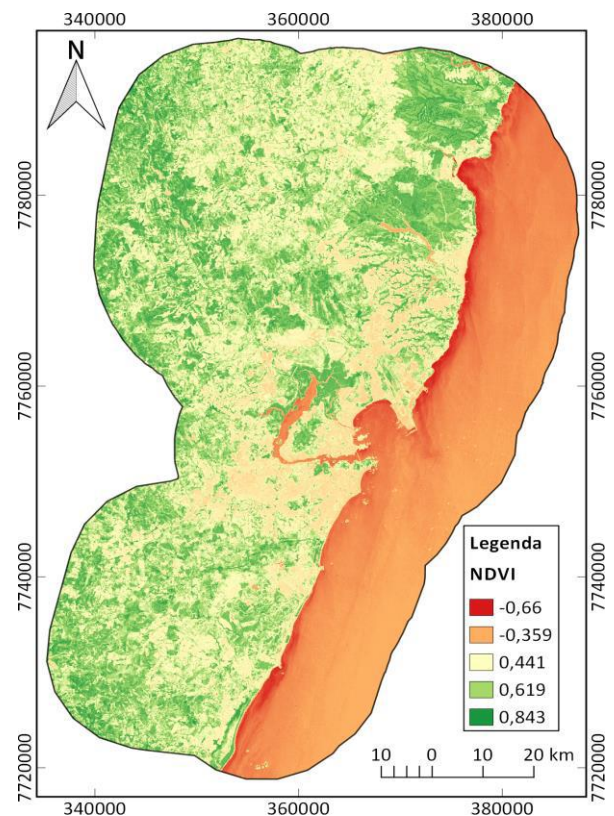


Fig. 2 – Mapa de NDVI gerado para a área de estudo.

4- ANÁLISES E DISCUSSÕES

As seções 4.1 e 4.2 fornecem os insumos utilizados nas análises e discussões do resultados alcançados por este estudo. Em um primeiro momento, avaliou-se a correlação entre os dados de NDVI e TST com base em um gráfico de dispersão a partir de grade de pontos amostrais espaçados a cada 500 metros. Tendo em vista que a resolução espacial da banda 10 é de 100 metros, em termos amostrais, considerou-se suficientemente representativo interpolar valores de TST e NDVI a cada 500 metros, ou seja, uma amostra a cada 5 pixels.

Num segundo momento, com base na amostra de pontos em formato *shapefile* e sua tabela de atributos contendo campos de NDVI e TST, adotou-se o software Qgis 2.18 para realização de consultas por atributos e espacialização das amostras em função de intervalos de TST e NDVI, de modo que as amostras selecionadas foram sobrepostas ao ortomosaico aerofotogramétrico para constatação do tipo de alvo representado por cada conjunto de amostras.

4.1- GRÁFICO DE DISPERSÃO E REGRESSÃO NÃO-LINEAR

Conforme mencionado, cada ponto da amostra resultou em um registro na tabela de atributos do *shapefile* e os valores de NDVI e TST compuseram dois campos nesta mesma tabela, a qual foi exportada e utilizada para plotagem do gráfico de dispersão dentro do ambiente do Microsoft Excel 2010 (Figura 3).

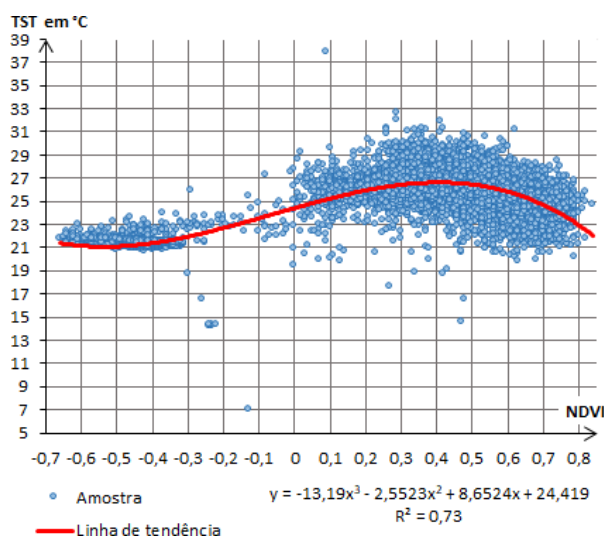


Fig. 3 – Gráfico de dispersão de pontos dos valores de TST em função do NDVI.

Pelo gráfico da Figura 3, observa-se que a dispersão da amostra apresenta um comportamento não-linear. Por este motivo, considerou-se o uso de uma regressão não-linear para ajustamento da linha de tendência ao conjunto de pontos amostrais. O polinômio de ordem 3 foi o modelo matemático que

melhor representou o comportamento não-linear da dispersão.

Adicionalmente, para medir a correlação existente entre o NDVI e a TST, utilizou-se do coeficiente de determinação (R^2). O R^2 é dado pela divisão entre a variação explicada e a variação total, ou seja, ele determina qual a porcentagem de Y (neste caso a TST) é explicada por X (neste caso o NDVI). Se a variação total dos dados for não-explicada o quociente é igual a 0, enquanto que se a variação total for explicada o quociente é igual a 1 (SPIEGEL, 1994).

Em outras palavras, com base no exposto, pode-se dizer que o quociente R^2 igual a 0,73 (Figura 3) indica que na área de estudo, 73% da TST é explicada pelo NDVI.

4.2- ESPACIALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS EM FUNÇÃO DE INTERVALOS DE NDVI E TST

A Tabela 1 apresenta os 5 conjuntos de amostras selecionadas em função dos intervalos de NDVI e TST, bem como a quantidade de amostras com valores dentro destes intervalos, além do tipo de alvo representado por cada conjunto. Estes intervalos foram definidos aproximadamente com base nos pontos de inflexão e deflexão da linha de tendência.

TABELA 1 – QUANTIDADE DE AMOSTRAS E TIPO DE ALVO EM FUNÇÃO DE INTERVALOS DE NDVI E TST.

Conj.	NDVI	TST	Qtd. Amostras	Tipo de alvo
1 (a)	< -0,29	20° a 25°	3162	Canal da baía de Vitória Mar
2 (b)	-0,30 a -0,01	20° a 25°	53	Águas rasas
3 (c)	0 a 0,29	20° a 31°	833	Mancha Urbana Solo exposto Alagados
4 (d)	0,30 a 0,49	21° a 32°	2350	Pastagem Vegetação de pequeno porte
5 (e)	>= 0,5	20° a 31°	4857	Vegetação de médio/grande porte Pastagem Mangue

Para ilustrar os resultados da consulta por atributos feitos com base nas informações da Tabela 1, e consequentemente a constatação do tipo de alvo representados por cada um dos 5 conjuntos selecionados, apresenta-se as figuras a seguir:

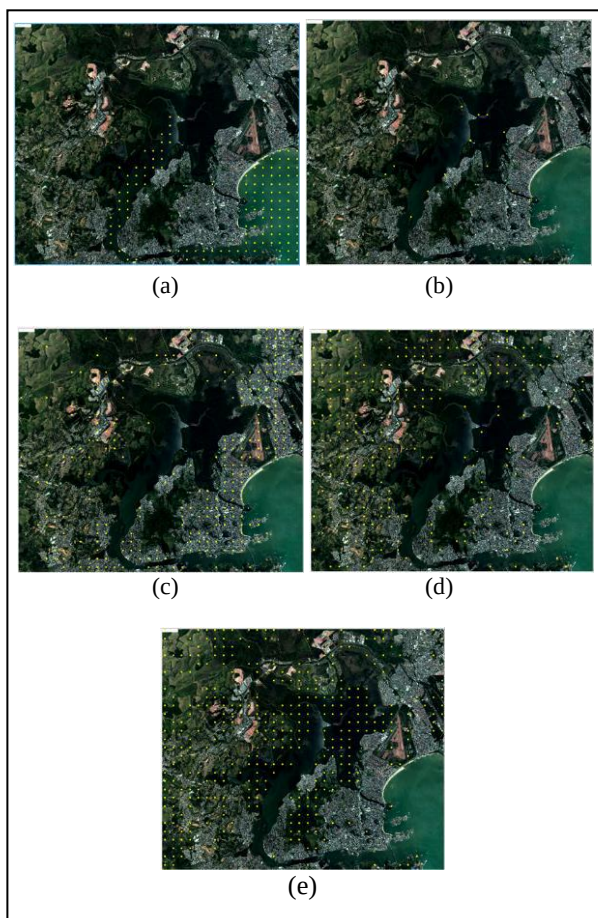


Fig. 4– Tipo de alvo representado pelos conjuntos: (a), (b), (c), (d) e (e).

Os dois primeiros conjuntos possuem valores de NDVI negativos e, portanto, constituem alvos em corpos d'água, neste caso o canal da baía de Vitória e o mar (Fig.4a). Contudo, ressalta-se que o o segundo conjunto amostral representam corpos d'água rasos, mais especificamente às margens do canal da baía de Vitória (Fig.4b).

Sobre os valores positivos de NDVI (Tabela 1), o conjunto 3 representa áreas de solo exposto, áreas alagadas e predominantemente áreas urbanas (Fig.4c). No que diz respeito ao conjunto 4, quando os valores de NDVI passam a representar vegetação, os alvos destacados são áreas com vegetação de pequeno porte e vegetação em áreas urbanas limítrofes (Fig.4d), constituindo uma transição entre os conjuntos 3 e 5. Já o último conjunto, portanto com os maiores valores de NDVI, evidencia algumas pequenas áreas de pastagens e majoritariamente a vegetação de médio e grande portes (Fig.4e).

5- CONCLUSÃO

Com vistas ao objetivo principal deste trabalho que é o de verificar a correlação existente entre a temperatura de superfície e a presença de

vegetação ($NDVI > 0,5$), pôde-se concluir, com base nas análises feitas nas seções 4.1 e 4.2, que valores de NDVI maiores do que 0,5 estavam associados majoritariamente à vegetação de médio e grande porte, representando principalmente segmentos de vegetação nativa preservada, matas ciliares, parques e reservas naturais.

Com base no gráfico de dispersão (Figura 3), a linha de tendência relativa a esse intervalo mostrou que a TST decresce na medida em que o NDVI aumenta representando uma redução de temperatura de aproximadamente $4^{\circ}C$, o que impacta diretamente na qualidade de vida e bem estar dos cidadãos na área de estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenadoria de Geomática do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), campus Vitória.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J. O., 2001 Introdução a climatologia para os trópicos, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 332 p.

ELACHI, C. 1987, Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing, New York, Wiley.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Cidades. Acesso em: 18 jul. 2017. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br> >.

JENSEN, J. R. 2009, Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais. São José dos Campos, SP: Parêntese.

NOVO, E. M. L. de M., 2011. Sensoriamento Remoto Princípios e Aplicações, Blucher, São Paulo, 387 páginas.

RAJESHWARI, A.; MANI, N. D., 2014, Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. International Journal of Research in Engineering and Technology, v. 3, n. 5, p. 122-126.

ROUSE JR, John W., Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. 1974.

SPIEGEL, M. R., 1994, Estatística, Makron Books, São Paulo, 643 páginas.

ZANTER, K., 2016, Landsat 8 (18) data users handbook. Sioux Falls, South Dakota, 98 p.