

Eixo Temático ET-03-008 - Meio Ambiente e Recursos Naturais

APLICAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NA CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETATIVA DA REGIÃO DO MUNICÍPIO DE IGARACY, PB

Paloma Mara de Lima Ferreira¹, Thamara Martins Ismael de Sousa², Fagner França da Costa¹, Franciédna Maria da Silva³

¹Mestrandos da Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UFPB; ²Doutoranda da Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UFPB; ³Mestranda da Pós-Graduação em Sistemas agroindustriais – UFCG.

RESUMO

O referente trabalho teve como objetivo a espacialização e geração de mapas temáticos das condições de cobertura vegetativa dos solos para a região do município de Igaracy-PB. A partir de análises espectrais de imagens do satélite Landsat-5 TM, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento (SIG), associada à metodologia de cálculos de índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF, além do índice de umidade IUDN e da temperatura da superfície. As imagens LANDSAT-5 foram adquiridas por meio do sensor TM, com resolução espacial de 30x30m, na órbita 216 e cena 65. As bandas 3, 4 e 5 foram utilizadas para determinação dos índices de vegetação e o índice de umidade, enquanto que a banda 6 foi utilizada para o cálculo da temperatura da superfície. Como resultado o NDVI apresentou máximo de 0,74 e mínimo de -0,11, os valores do SAVI variaram entre -0,16 a 1,1. O IAF é um subproduto do NDVI e SAVI, variou entre -0,34 e 8,2. O IUDN permaneceu entre 0,39 a 1 com temperatura da superfície entre 22,3 a 33,2 °C. Conclui-se que os índices estudados permitiram detectar e separar em diferentes classes a cobertura vegetal, apontando a influência da vegetação nas diferentes áreas da região, que se refletem diretamente sob as condições de temperatura e de umidade na região.

Palavras-chaves: Monitoramento da cobertura vegetal; NDVI, SAVI e IAF; semiárido.

INTRODUÇÃO

Através do registro de imagens, tornou-se possível as análises de relacionamento entre localização espacial de alvos do meio ambiente, variação espectral da imagem e variação da cobertura vegetal dos solos. A atualização dos dados também ficou extremamente facilitada, uma vez que, montada a base de dados, ficou muito fácil produzir uma cobertura vegetal atualizada do solo, obtendo assim um resultado dinâmico e, portanto, mais próximo do real.

O sensoriamento remoto é uma ferramenta de obtenção de dados da superfície terrestre, que constituiu um importante técnica para o monitoramento sistemático dinâmico da vegetação. Utiliza faixas espectrais de bandas no espectro eletromagnético, índices e combinação de bandas, destacando na área de análise a vegetação e eventos antrópicos (JACKSON e HUETE, 1991).

De acordo com Jensen (2009), o sensoriamento remoto vem sendo utilizado desde a década de 1960 na modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação que podem ser medidos através dos índices de vegetação, denominados medidas

radiométricas adimensionais que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente ativa absorvida.

Ponzoni (2001) menciona que a aparência da cobertura vegetal em determinado produto de Sensoriamento Remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais. O que é efetivamente medido por um sensor remotamente situado, oriundo de determinada vegetação (alvo), não pode ser explicado somente pelas características intrínsecas dessa vegetação, inclui também a interferência de vários outros parâmetros e fatores tais como: a fonte de radiação, o espalhamento atmosférico, as características tanto das folhas quanto do dossel, os teores de umidade do solo, a interferência da reflectância do solo, sombra, entre outros.

Os índices de vegetação têm sido muito utilizados no monitoramento de áreas vegetadas, na determinação e estimativa do índice de área foliar, biomassa e da radiação fotossinteticamente ativa. Os avanços tecnológicos de sensores remotos permitem analisar, através de imagem de satélites, a distribuição espacial de áreas cultivadas e as possíveis modificações da cobertura vegetal em diversas épocas, possibilitando o monitoramento das áreas vegetadas.

Os sensores remotos são dispositivos capazes de registrar a radiação eletromagnética. A principal forma dessa energia para o sensoriamento remoto é gerada pelo Sol, que é expressa em termos de comprimento de ondas, espectro eletromagnético, dividido em regiões ou faixas e suas respectivas características (NOVO 1998). Deste modo, cada alvo da superfície terrestre que emite ou reflete radiação tem um comportamento de onda do espectro eletromagnético.

Essa ferramenta assume um papel importante no monitoramento e na estimativa dos diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, servindo de suporte para monitoramento das mudanças climáticas e possibilitando a tomada de decisão para preservação ambiental (MOREIRA, 2003).

A utilização de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e Índice de Área Foliar (IAF) facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; EPIPHANIO et al., 1996).

Estudos já foram realizados utilizando os índices de vegetação como indicador qualitativo e quantitativo da vegetação, dentre os quais podemos citar os trabalhos realizados por Costa et al (2001), Rosendo (2005); Silva et al (2009); Ramos et al (2010); Laurentino et al (2011), dentre outros.

OBJETIVO

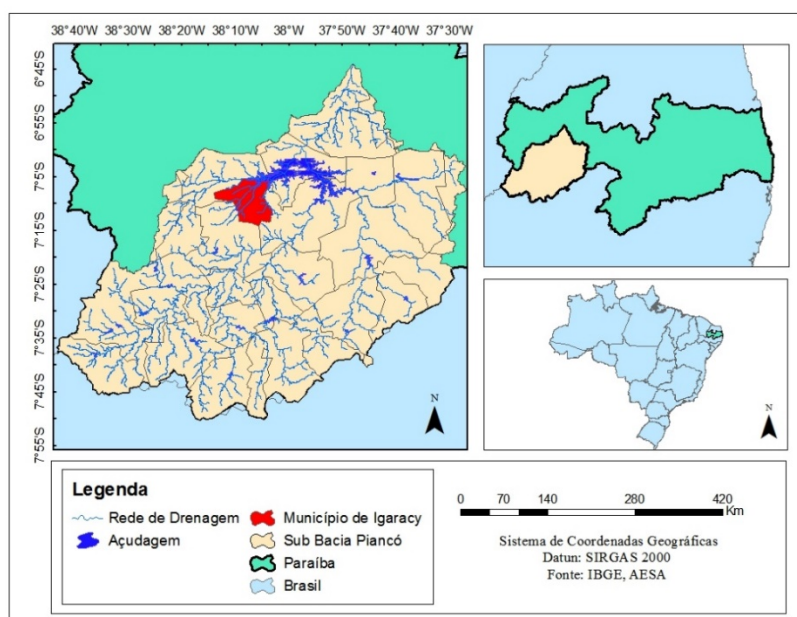
Espacialização e geração de mapas temáticos das condições de cobertura vegetativa dos solos para a região do município de Igaracy-PB. A partir de análises espectrais de imagens do satélite Landsat-5 TM, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento (SIG), associada à metodologia de cálculos de índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF, além do índice de umidade IUDN e da temperatura da superfície.

METODOLOGIA

Localização da área de estudo

O Município de Igaracy está localizado na região Oeste do Estado da Paraíba, na microrregião do Piancó (Figura 1), limitando-se a Oeste e a Sul com Itaporanga, a leste Piancó, a Norte Aguiar e no extremo Nordeste Coremas. O município se estende por 193.1566 km² possui aproximadamente 6 156 habitantes de acordo com o último censo (IBGE, 2010).

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Com clima semiárido, as temperaturas são elevadas durante o dia, amenizando a noite, com variações anuais dentro de um intervalo 23 a 30° C, com ocasionais picos mais elevados, principalmente durante a estação seca. O regime pluviométrico, além de baixo é irregular com médias entre 400 a 700 mm/ano. No geral, caracteriza-se pela presença de apenas 02 estações: a seca que constitui o verão, cujo clímax é de setembro a dezembro e a chuvosa denominada pelo sertanejo de inverno.

A vegetação é de pequeno porte, típica de caatinga xerofítica, onde se destaca a presença de cactáceas, arbustos e árvores de pequeno a médio porte. A rede de drenagem é do tipo intermitente e seu padrão predominantemente dentrítico, devido à existência de fraturas geológicas, mostra variações para retangular e angular.

Aquisição das imagens

O levantamento das imagens LANDSAT-5 foram adquiridas por meio do sensor TM (*Thematic Mapper*), disponibilizadas gratuitamente pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) com resolução espacial de 30x30m, na órbita 216 e cena 65. Foram obtidas as sete bandas referente ao ano de 2010 sem o registro de nuvens na área de estudo.

Para o mapeamento utilizou-se as bandas 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo), 5 (infravermelho médio) e 6 (termal) das imagens. As bandas 3, 4 e 5 foram

utilizadas para determinação dos índices de vegetação, enquanto que a banda 6 foi utilizada para o cálculo da temperatura da superfície.

Processamento das imagens

O georreferenciamento das imagens foi realizado tomando como referência imagens GeoCover NASA (2001) considerando 15 pontos distribuídos espacialmente na cena. Para o processamento digital das imagens foi utilizado o software Spring e os mapas temáticos foram gerados utilizando o sistema de informações geográficas ArcMap 10.3.

No software SPRING 5.2 foi criado um banco de dados para estruturação e análise das informações essenciais ao estudo. A fim de reduzir o efeito da atmosfera e dos aerossóis na resposta espectral da imagem foi realizada a correção atmosférica das bandas 3, 4, 5 e 6 utilizando o método da Subtração de Objeto Escuro, proposto por Chavez (1988).

Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético (EPIPHANIO et al., 1986).

Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN ou NDVI em inglês)

O Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, foi introduzido para produzir um índice de vegetação espectral que separa vegetação verde do brilho do solo. Este é o índice de vegetação mais comumente empregado, em estudos sobre vegetação que detém a habilidade para minimizar efeitos topográficos ao produzir uma escala linear de medida, possui a propriedade de variar entre -1 a +1 (quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal), o 0 representa valor aproximado para ausência de vegetação. Foi calculado através da equação 1

$$IVDN = \frac{P_4 - P_3}{P_4 + P_3} \quad (1)$$

Onde P_3 é os números digitais dos pixels da banda que compreende o vermelho; P_4 é os números digitais dos pixels da banda que compreende o infravermelho-próximo.

Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS ou SAVI em inglês)

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) é um índice definido pela Equação 2, que leva em consideração efeitos do solo exposto nas imagens analisadas, para ajuste do NDVI quando a superfície não está completamente coberta pela vegetação.

$$SAVI = \frac{(1+L_s)(P_4 - P_3)}{(L_s + P_4 + P_3)} \quad (2)$$

Onde P_3 é os números digitais dos pixels da banda que compreende o vermelho; P_4 é os números digitais dos pixels da banda que compreende o infravermelho-próximo e L_s é uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1 dependendo da cobertura do solo.

Conforme Huete (1988) um valor para L_s de 0,25 é indicado para vegetação densa e de 0,5 para vegetação com densidade intermediária, quando o valor de L_s for 1

para vegetação com baixa densidade. Se o valor do SAVI for igual a 0, seus valores tornam-se igual aos valores do NDVI. Portanto o valor de Ls mais utilizado é 0,5.

Índice de Área Foliar (IAF)

O IAF, expresso pela Equação 3, é um índice biofísico definido pela razão entre a área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação, sendo um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, computado pela seguinte equação empírica (ALLEN, 2002). O IAF é um dos principais parâmetros da vegetação e é requerido em modelos de crescimento vegetal e de evapotranspiração.

$$IAF = \frac{-\ln\left(\frac{0,67 - SAVI}{0,52}\right)}{(0,91)} \quad (3)$$

Onde SAVI = Índice de Vegetação Ajustado ao Solo

Índice de Umidade da diferença Normalizada (IUDN)

O IUDN é calculado por meio da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho-próximo (p_4) e do vermelho (p_5) pela soma das mesmas reflectâncias. Equação 4.

$$IUDN = \frac{P_4 - P_5}{P_4 + P_5} \quad (4)$$

Onde P_4 é os números digitais dos pixels da banda que compreende o infravermelho-próximo; P_5 é os números digitais dos pixels da banda que compreende o infravermelho médio.

Índice de Temperatura da superfície (IT)

Segundo Ideião et al. (2008) a banda termal assim como as demais bandas das imagens de satélite, é representada através de uma imagem composta por uma matriz de pixels em tons de cinza. Cada um dos pixels que compõem a imagem tem um número digital (ou DN – número digital de cada pixel) associado.

Para a transformação dessa resposta em temperatura de superfície precisamos utilizar modelos de conversão do DN em valores de temperatura. Neste trabalho, utilizamos o modelo desenvolvido por Malaret et al, (1985), expresso a Equação 5.

$$IT = (209,831 + 0,831 * P_6) - (0,00133 * (P_6)^2) - 273 \quad (5)$$

Onde P_6 é os números digitais dos pixels da banda termal

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um gerenciamento adequado que vise a redução dos impactos causados nas barragens deve fundamentar-se na compreensão das atividades que ocorrem nas bacias desses cursos d'água. A cobertura vegetal tem sido umas das atividades que mais sofre com o processo de transformação ao longo do tempo.

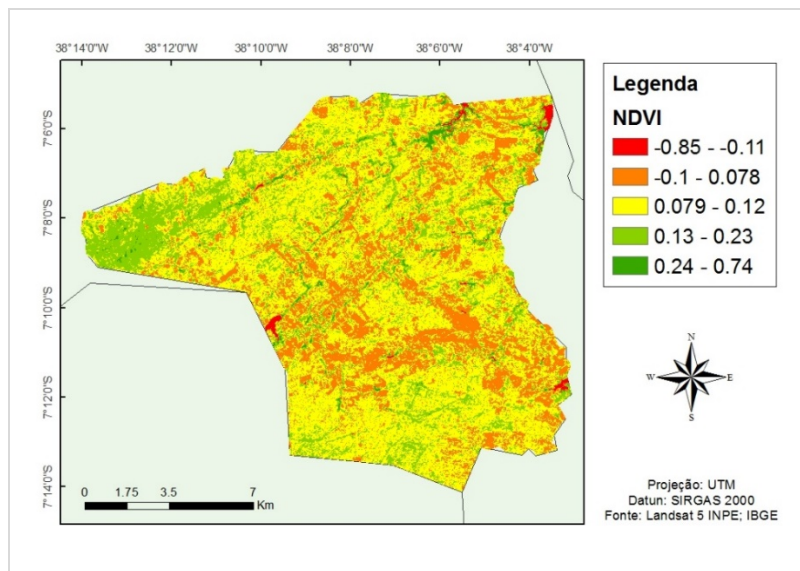
Através do uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento neste estudo foi possível a análise dos índices de vegetação do município de Igaracy-PB,

possibilitando uma visão geral quanto a condição da vegetação da área referente ao município de Igaracy-PB para o ano de 2010.

Os valores de NDVI quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação; o valor 0 (zero) indica superfície não vegetada (ROSENDO, 2005). Os maiores valores de NDVI correspondem aos Números Digitais (ND) mais elevados, que se relacionam às áreas de vegetação com maior vigor. Enquanto os menores valores equivalem aos ND baixos, representando as áreas de vegetação estressada, bem menos densas ou até mesmo áreas desnudas.

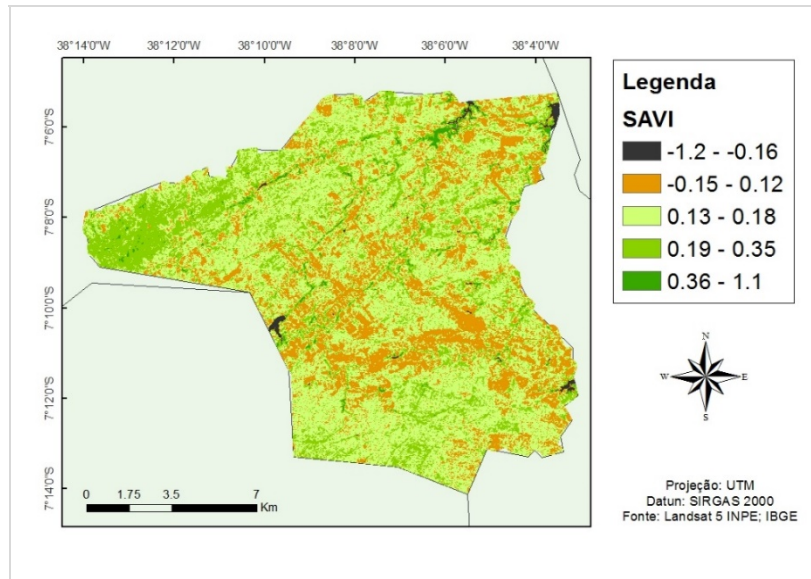
A Figura 2 mostra os mapas das imagens processadas referente aos cálculos de NDVI para o ano 2010. Verifica-se que na maior parte do município ocorreram valores entre 0,079 a 0,12 de NDVI, que podem ser observados nos mapas na cor amarela, enquanto que os valores negativos de NDVI representando o reservatório do Cochos localizado próximo a área urbana da cidade na região sudoeste do mapa, e parte esquerda do reservatório de Coremas Mãe D'água na região nordeste do mapa, representados na cor vermelha. Apresentou valores de NDVI máximo de 0,74 e mínimo de -0,11.

Figura 2 - NDVI do município de Igaracy – PB ano de 2010.



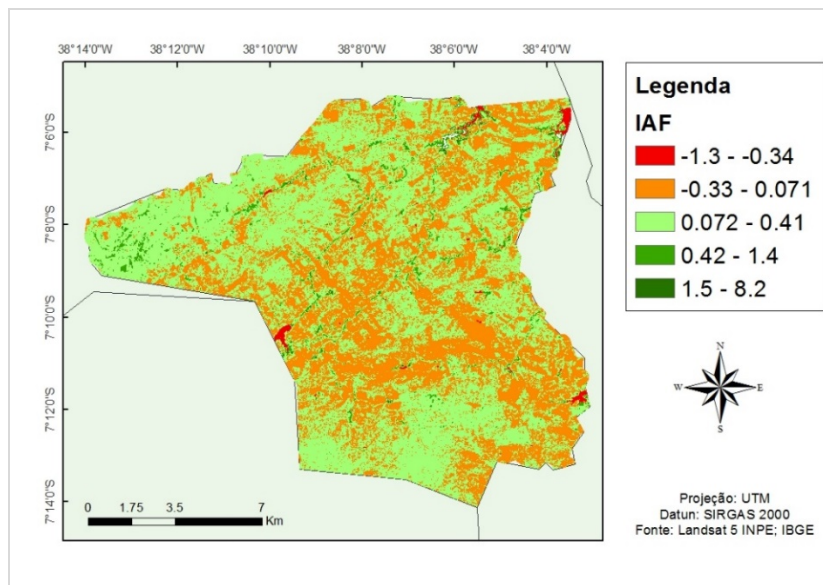
O índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), procura minimizar os efeitos da refletância do solo ao considerar a incorporação de um fator de ajuste dependente da densidade de vegetação (EASTMAN, 2006). Os mapas das imagens processadas referentes aos cálculos do SAVI são mostrados na Figura 3. O valor do fator de ajuste usado no SAVI no processamento das imagens foi de 0,5. Os resultados do SAVI expressam similaridades em relação aos resultados obtidos com os valores NDVI (Figura 2). Na imagem os valores do índice variam entre -0,16 a 1,1, os valores mais baixos do índice SAVI são áreas com uma vegetação mais rala ou solo exposto (laranja e verde claro) e os maiores valores do SAVI são áreas com uma vegetação mais densa (verde escuro).

Figura 3 - SAVI do município de Igaracy – PB no ano de 2010.



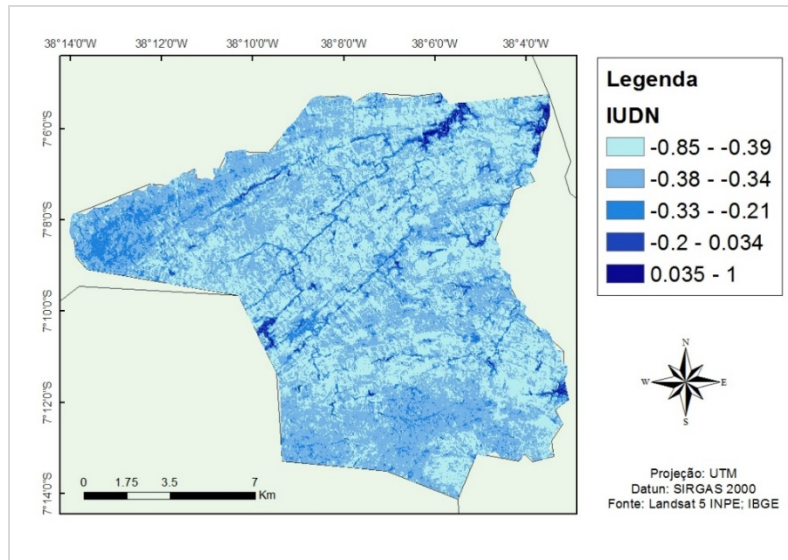
Através do NDVI pode-se calcular o índice de área foliar (IAF), este é um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, constituindo-se, portanto, em um índice biofísico, que é definido pela razão entre a área foliar de toda vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação. Como o IAF é um subproduto do NDVI e SAVI, as análises dos resultados obtidos para esse índice são muito semelhantes aos resultados já apresentados nas Figuras 2 e 3. A Figura 4 mostra o mapa da imagem processada referente ao cálculo do IAF, no qual obteve-se máximo e mínimo de 8,2 e -0,34, respectivamente. Apresentou predominância de valores entre a faixa de 0,41 a 0,071 representados pela cor laranja e verde claro.

Figura 4 - IAF do município de Igaracy – PB no ano de 2010.

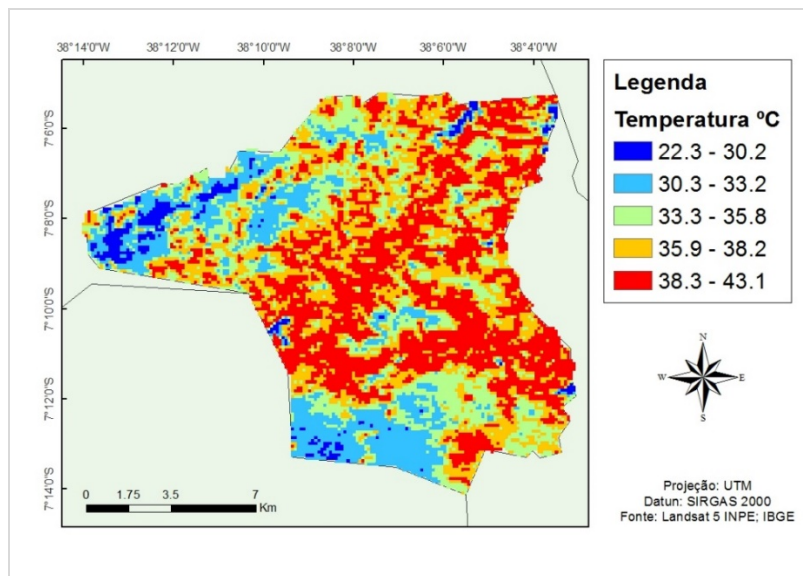


Quanto ao índice de umidade no solo observa-se na Figura 5 maior parte da região do município de Igaracy-PB apresenta predominância de baixos índices de umidade (azul claro), isto pode estar relacionado principalmente com a baixa cobertura vegetal, expresso também no IAF, NDVI e SAVI conforme mostrado anteriormente. Enquanto os valores mais altos de IUDN representados na cor azul escuro compreende os corpos d'água e nas regiões do mapa que ocorre a presença de áreas mais vegetadas, podendo ser observado, no geral, variação entre 1 a 0,39, máximo e mínimo.

Figura 5 - IUDN do município de Igaracy – PB no ano de 2010.



Como já esperado, os valores de temperaturas apresentaram maiores valores entre 38,3 a 43,1°C principalmente entre as áreas mais habitadas do município, região central, enquanto nas áreas com uma vegetação mais densa (noroeste e sudoeste) apresentaram temperaturas menos elevadas entre 22,3 e 33,2 °C, conforme exposto na Figura 6. A alta temperatura e a baixa umidade deve estar totalmente relacionado ao comportamento dos índices de vegetação estudados nesta pesquisa, no qual pode ser observado um certo padrão na representação dos mesmos.

Figura 6 – Temperatura da superfície do município de Igaracy-PB no ano de 2010.

CONCLUSÕES

A metodologia aplicada possibilitou a comparação dos resultados de Índice de Vegetação NDVI, SAVI, IAF, IUDN e a temperatura da superfície obtidos no sistema de informação. Os mapas temáticos das imagens processadas com os índices estudados permitiram detectar e separar em diferentes classes a cobertura vegetal na região estudada. As informações obtidas mostraram a influência da vegetação nas diferentes áreas da região, que se refletem diretamente sob as condições de temperatura e de umidade na região. Enfim, a utilização dos três índices relativos à vegetação são ferramentas importantes para o manejo, caracterização e uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL Surface Energy Balance Algorithm for Land – Advanced Training and Users Manual** – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.

CHAVEZ Jr., P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 459-479, 1988.

COSTA, T. C. C. Mapeamento da Fitomassa da Caatinga do Núcleo de Desertificação do Seridó, pelo Índice de Área Plantada (IAP) e o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), obtido com dados do Sensor Landsat 7 TM. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, 2001, p. 1563-1573. Anais... disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.24.09.09/doc/1563.1573.088.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse dos Resultados do Censo 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/default.php?cod1=25&cod2=&cod3=0&frm=densidade_rural_urbana>. Acesso em: 05 out. 2015.

EIPHANIO, 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**, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Andes – Guide to GIS and Image Processing**. Clark Laboratory. Clark university. Worcester/MA. USA. 2006. 284p.

HUETE, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing Environ.**, v. 25, 1988.

IDEIÃO, S. M. A.; CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B. Determinação da temperatura de superfície no estado da paraíba a partir de imagens LANDSAT 5TM. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2008.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 05 out. 2015.

JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 11, n. 3-4, p. 185-200, 1991.

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

LAURENTINO, M. L. S.; SILVA, H. A.; SILVA, J. C. B.; SANTANA, S. H. C.; MORAIS, Y. C. B.; GALVÍNCIO, J. D. Aplicação dos índices de NDVI e EVI como análise da variação fisionômica da vegetação no Brejo de Altitude de Serra Negra-Bezerros/PE-Brasil. In Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.3182.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viosa: UFV, 2003. 307 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

PONZONI, F. J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. (Org.). **Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, Embrapa Cerrados, 2001. p 157-199.

RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L.; JUNIOR, J.C.F.M.; CANDEIAS, A.L.B. Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. In Anais... III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010 p. 1-6.

ROSENDO, J. S. Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

SILVA, E. T. J. B. Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para Detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e Estratégias. 2004,146 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)– Universidade de Brasília, Brasília, 2004.