



VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO POR ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E ÁGUA NO MUNICÍPIO DE SANTANA DO ARAGUAIA – PA

**Leonardo Carlos Barbosa (1); Karoline Borges (1) Willian Dos Santos Ferreira (2)
Max Vinicius Esteves Torres (2) Andresa Ayara Torres e Silva (2)**

(1) Professor (a) Assistente, Instituto de Engenharia do Araguaia leonardo.carlos@unifesspa.edu.br
(2) Graduando (a) em Engenharia Civil, Instituto de Engenharia do Araguaia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA. Rua Geraldo Ramalho, s/n, Bairro: Centro | CEP: 68560-000 | Santana do Araguaia/PA - Brasil.

RESUMO

Através das técnicas de processamento digital de imagens foi analisado as alterações da cobertura da vegetação, da água e da ocupação urbana por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), do Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), e do Índice de construção por Diferença Normalizada (NDBI) respectivamente. O Estudo foi aplicado no município de Santana do Araguaia-PA utilizando duas imagens do sensor TM Landsat 5 de 18/09/1999 e do sensor OLI Landsat 8 de 29/09/2019. Nos resultados constatamos que o NDVI apresentou valores médios para os anos de 1999 e 2019 iguais a 0,7525 e 0,4953, respectivamente, configurando uma diminuição da cobertura vegetal. A variabilidade espaço-temporal da cobertura do solo foi influenciada por ações antrópicas da região. Para o NDWI não houve grande variação e apresentou valores abaixo de 0, devido ao baixo regime pluviométrico em dias próximos ao imageamento em setembro de 1999 e 2019, evidenciando áreas com baixo teor de presença de água. O NDBI teve como médias -0,0873 e -0,0583 respectivamente, evidenciando neste estudo áreas com baixo nível de ocupação urbana e foi desconsiderado para efeito visual.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, Cobertura do solo, Santana do Araguaia.

ABSTRACT

Through digital image processing techniques, changes in vegetation cover, water and urban occupation were analyzed using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Normalized Difference Water Index (NDWI), and the Index. Normalized Difference (NDBI) constructions respectively. The study was conducted in Santana do Araguaia-PA using two images of the TM Landsat 5 sensor from 18/09/1999 and the OLI Landsat 8 sensor from 09/09/2019. In the results we found that the NDVI presented average values for the years 1999 and 2019 equal to 0,7525 and 0,4953, respectively, configuring a decrease of the vegetal cover. The spatiotemporal variability of ground cover was influenced by anthropogenic actions of the region. For NDWI there was no large variation and presented values below 0, due to the low rainfall on days close to imaging in September 1999 and 2019, showing areas with low water content. The NDBI averaged -0,0873 and -0,0583 respectively, showing in this study areas with low level of urban occupation.

Keywords: Remote sensing, Ground cover, Santana do Araguaia.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o IBGE, Santana do Araguaia apresenta uma área de 11.591,455 km². O censo demográfico de 2000 contabilizou 46.456 hab no município, o valor estimado para 2019 é de 71.348 hab, ocasionando um aumento de mais de 65% na população em aproximadamente 20 anos. O município vem sofrendo com alterações da cobertura da vegetação nativa devido as atividades antrópicas humanas.

Atualmente, o monitoramento da variação da cobertura vegetal por meio de técnicas do sensoriamento remoto encontra-se cada vez mais recorrente no cenário mundial. A principal motivação dos estudos envolvendo a aplicação das técnicas de SR fundamenta-se na compreensão do comportamento espectral que uma dada cobertura assume em um determinado produto de sensoriamento remoto. Esse produto é fruto de um processamento de imagens de satélite que pode envolver muitos parâmetros e fatores ambientais (PONZONI, 2002).

Dessa forma, utiliza-se o sensoriamento remoto para auxiliar estudos de variações da cobertura do solo com informações atualizadas a um custo relativamente baixo, facilitando diagnósticos de desmatamento regular e irregular da área a ser estudada. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um parâmetro, fornecido por SR, importante para o monitoramento da vegetação. Ele tem sido utilizado para construir perfis, sazonal e temporal, das atividades da vegetação, o que permite comparações interanuais desses perfis (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

O Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) foi proposto por Gao (1996) e permite detectar melhor a mudança da biomassa vegetal no que concerne a quantidade de água em culturas agrícolas, pela configuração do estresse hídrico no ambiente, através da relação entre as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio. Diversas pesquisas (Ferreira et al.; 2012; Gonzaga et al., 2011) foram realizadas objetivando investigações do uso do solo e detecção de corpos hídricos.

1.1 Área de Estudo

O município de Santana do Araguaia está localizado na mesorregião do Sudeste Paraense, dentro da microrregião de Conceição do Araguaia. Localizado pelas coordenadas geográficas latitude 9°32'23.98" sul e longitude de 50°51'35.54" oeste, estando a uma altitude de 160 metros. Sua população estimada em 2019 pelo IBGE é de era de 71.348 habitantes e pode ser visto na Figura 1.

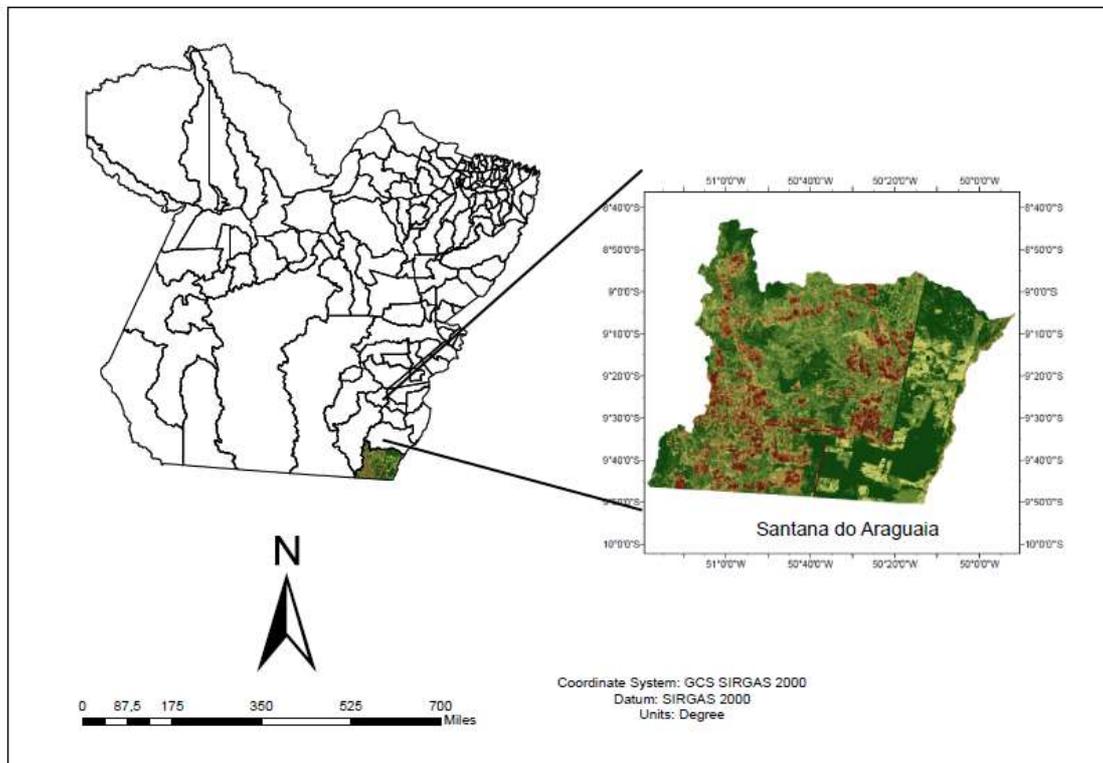


Figura 1 – Mapa de localização Santana do Araguaia

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Processamento digital de imagens

O primeiro procedimento foi a escolha das imagens utilizadas, com cenas adquiridas gratuitamente na USGS –United States Geological Survey através do sítio (<https://earthexplorer.usgs.usgs.gov>), com imagens georreferenciadas no sistema de coordenadas UTM –Universal Transverse Mercator e o Datum SIRGAS 2000. Foram utilizadas imagens do satélite Land Remote Sensing Satellite (Landsat 5), sensor Thematic Mapper(TM), órbitas 223 e 224 e pontos 66 e 67, composta por sete bandas espectrais, referentes aos dias 18 de setembro de 1999 e sensor Operational Terra Imager (OLI) do (Landsat 8) , orbitas 223 e 224 e pontos 66 e 67 composta por 12 bandas espectrais referentes aos dias 29/09/2019. Foram necessárias quatro cenas de imagens para cada ano estudado porque o município de Santana do Araguaia fica em uma área de fronteira entre duas órbitas e dois pontos, caso não houvesse essa coincidência, apenas uma cena para cada ano seria suficiente visto que cada cena do satélite Landsat possui 185 km de extensão.

2.2 Processamentos dos índices de vegetação NDVI e NDWI

Para os processamentos, inicialmente foi feito os recortes das imagens de acordo com a malha digital municipal adquirida no site do IBGE (<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>) em arquivo shapefile. Para o NDVI, foi realizado a retificação radiométrica das bandas 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) por meio da conversão dos números digitais em radiância utilizando a Equação 1 proposta por Markham e Baker (1987), obtendo como resultado, as imagens multitemporais em modo radiância (apenas para o sensor TM, pois o sensor OLI já vem corrigido).

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND$$

(1)

Onde:

$L_{\lambda i}$ = radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$);
“a” e “b” = radiâncias espectrais mínimas e máximas; ND = número digital (valor entre 0 e 255); i = cada banda do TM Landsat 5;

Os valores de “a” correspondem: banda 3 (vermelho) e 4 (IV – próximo), respectivamente a -1,17 e -1,51. Já para os valores de “b” correspondem: banda 3 e 4, respectivamente a 264,0 e 221,0. Os valores da irradiância espectral no Topo da Atmosfera ($k_{\lambda i}$) das bandas 3 e 4, respectivamente a 1.536,0 e 1.031,0. Todas as três variáveis são expressas em $Wm^{-2}\mu m^{-1}$ conforme Chander et al. (2009).

Posteriormente, determinou-se a reflectância espectral monocromática para cada banda ($\rho_{\lambda i}$), que é fornecida em função da radiância espectral ($L_{\lambda i}$), irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($k_{\lambda i}$), do ângulo zenital solar (Z), do quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA) e, E é o ângulo de elevação do Sol nos metadados da imagem.

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cos Z d_r} \quad (2)$$

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (3)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DSA 2\pi}{365}\right) \quad (4)$$

A obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) conforme a equação proposta por Rouse et al. (1973), apresenta uma variação entre -1 e 1. Os valores positivos e mais próximos de 1 constituem superfícies verdes com maior vigor, enquanto que os valores negativos equivalem a água ou nuvens. Solos descobertos e rochas refletem na faixa do vermelho e infravermelho próximo quase na mesma proporção, conseqüentemente o NDVI se aproxima de 0.

O NDVI é o indicador que detecta a taxa de umidade na vegetação e que foi avaliado pixel a pixel através da razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e vermelho (ρ_V) com a soma das bandas 4 e 3 do TM Landsat 5, respectivamente.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad (5)$$

O Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) permite detectar melhor a mudança da biomassa vegetal no que concerne a quantidade de água em culturas agrícolas, pela configuração do estresse hídrico no ambiente, através da relação entre as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio, conforme a Equação 6.

$$NDWI = \frac{\rho_{IV} - \rho_{IVM}}{\rho_{IV} + \rho_{IVM}} \quad (6)$$

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com Huete & Tucker (1991), os valores de NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa de 0,30 a 0,53, entretanto devido as propriedades óticas do solo, não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação.

No ano de 1999 e 2019 a região demarcada com NDVI com valores entre 0,50 até 0,60 representam regiões com vegetação estressada ou área degradada pela ação antrópica. As áreas com valores entre 0,38 e 0,50, representam solos expostos, enquanto que as áreas com NDVI maior que 0,60, em sua maioria são regiões de alto vigor vegetativo. Já as áreas com valores menores que 0,25 apresentam áreas com avanços significativos no desmatamento da região nos últimos 20 anos.

Quanto ao NDWI, de acordo com os dados ocorre uma presença prioritária de números negativos, correspondendo a um baixo valor de umidade, representada prioritariamente pelas áreas em vermelho na Figura 4 e 5. Nos estudos de Gonzaga et al. (2011) também se destacaram valores prioritariamente negativos, o que valida os resultados desta presente análise.

Ferreira et al. (2012) observaram que para valores de NDWI negativo existe uma correspondência com vegetação seca, solo exposto e áreas urbanas, enquanto que valores superiores a 0,1 foram identificadas como áreas com agricultura irrigada e cursos hídricos. Observamos que o NDWI apresentou média com valores abaixo de 0, o que se conclui o baixo regime pluviométrico no mês de setembro nos anos de 1999 e 2019, evidenciando neste estudo áreas com baixo teor de presença de água.

Tabela 1 – Valores estatísticos do NDWI

Ano	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1999	-0,3035	0,4150	0,0873	0,0777
2019	-0,3293	0,4827	-0,0583	0,1294

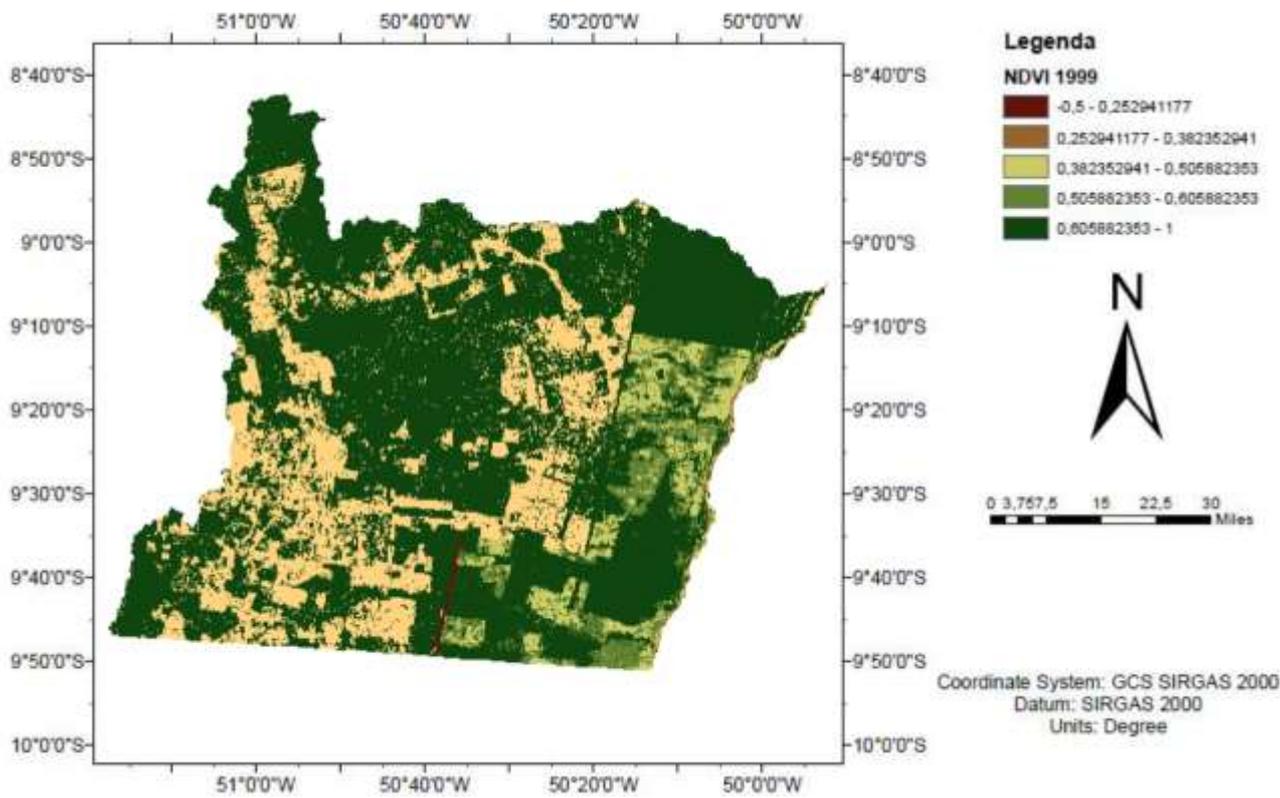


Figura 2 – NDVI 1999. Imagens Landsat 5.

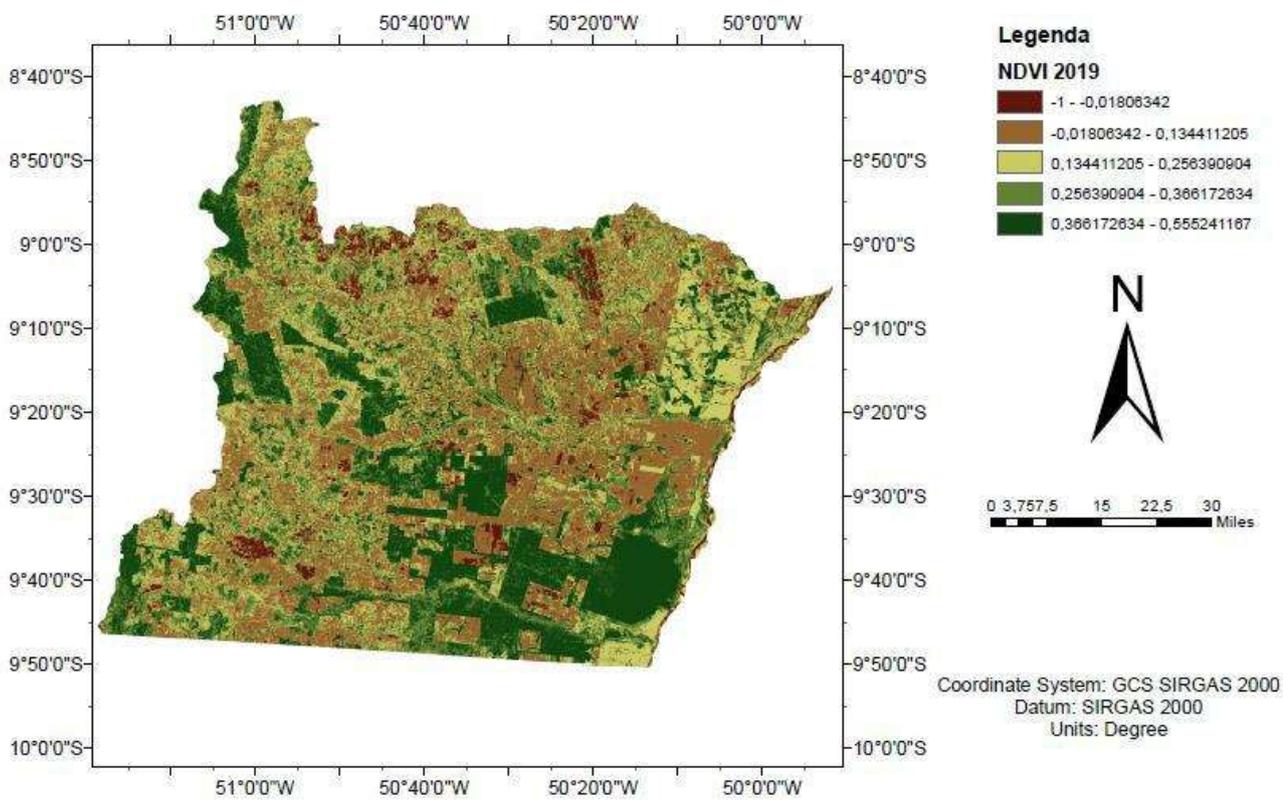


Figura 3 – NDVI 2019 (avanços no desmatamento). Imagens Landsat 8.

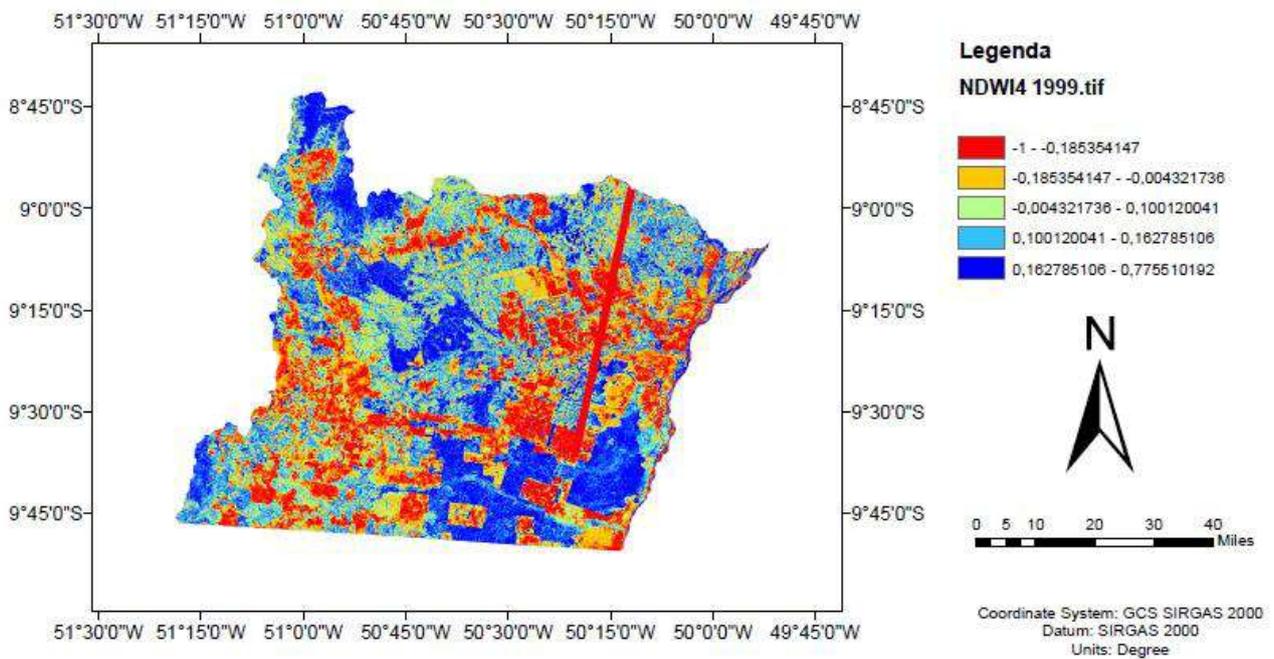


Figura 4 – NDWI 1999. Imagens Landsat 5.

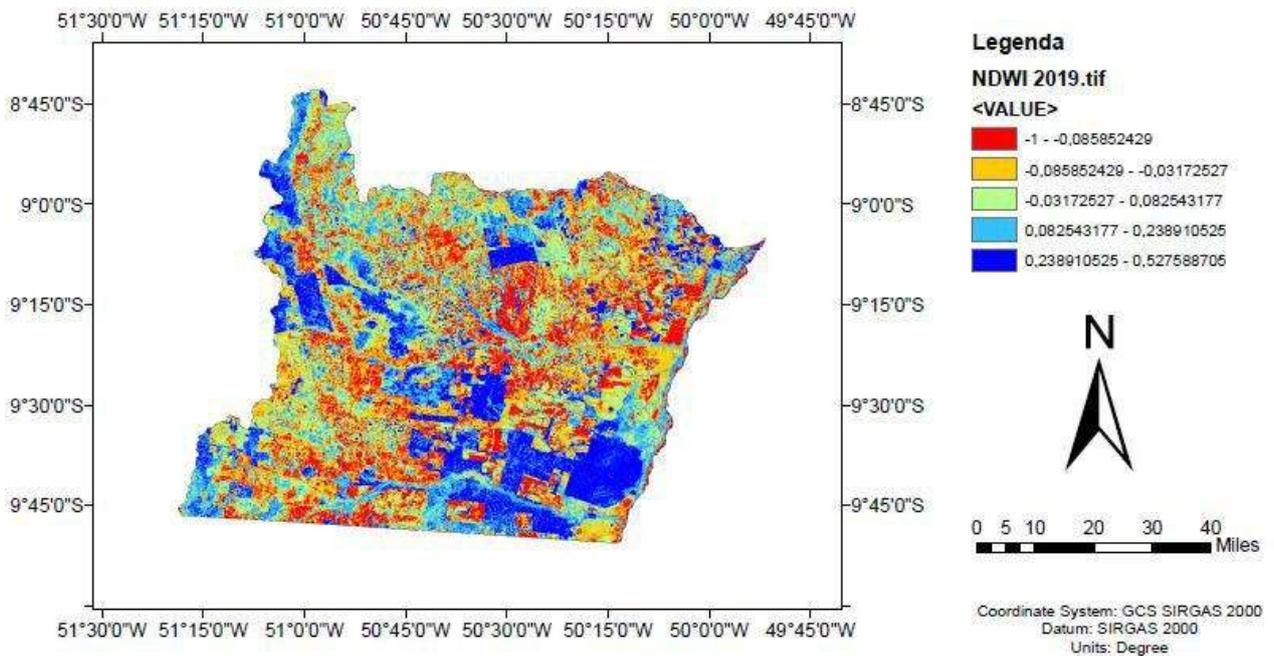


Figura 3 – NDWI 2019. Imagens Landsat 8.

4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados mostraram que houve perda de vegetação, mas não por efeito de urbanização e sim por atividades agropastoris. A metodologia de análise temporal, proposta nesse artigo, mostrou que nesses 20 anos de análise, as áreas verdes estão cedendo cada vez mais lugar ao agronegócio, sendo esta uma atividade forte na região.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água por diferença Normalizada (NDWI) apresentaram variabilidade espaço-temporal da cobertura do solo influenciada pelas ações antrópicas da região. Os valores de cada pixel representaram a real configuração da superfície terrestre, evidenciando a sensibilidade de estudos com índices de vegetação pelo sensor TM Landsat 5 e sensor OLI Landsat 8 em Santana do Araguaia.

Para o NDWI não houve grande variação e apresentou valores abaixo de zero. Este resultado pode ser atribuído ao baixo regime pluviométrico visto que as datas das imagens foram escolhidas em período de seca. No decorrer dos 20 anos, foi possível observar no NDWI o aumento de áreas irrigadas, podendo facilmente ser atribuída a atividades agropastoris da região.

Para o cálculo do NDBI foram usadas as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio, obtendo médias de -0,0873 para 1999 e -0,0583 para 2019. Este resultado evidencia o baixo aumento nas áreas urbanas do município, menos de 1% da área total. Por este motivo, o resultado visual foi desconsiderado. Por fim, conclui-se que as transformações da paisagem podem ser avaliadas por meio da comparação de dados de períodos diferentes, através do monitoramento da vegetação, solo, água e área urbana com a utilização do Sensoriamento Remoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p. 893-903, 2009
- FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. dos S.; SILVA, H. A. da; SANTOS, A. M. dos; GALVÍNCIO, J. D. Análise Espaço-Temporal da Dinâmica da Vegetação da Caatinga no Município de Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, pp. 904-922, 2012.
- GAO, B. C. NDWI-A Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, p.257- 266, 1996.
- GONZAGA, E.P.; SANTOS, V.V.; NICÁCIO, R.M. Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano. In Anais do **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, maio de 2011, pp.1736-1743, 2011
- HUETE, A.R.; TUCKER, C.J. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.12, p. 1223 – 1242, 1991.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010 e resultado preliminar 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 92 p. (IBGE. Série Manuais Técnicos em Geociências, 1). 1992.
- MARKHAM, B.L.; BARKER, L.L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, n.3,pp.517-523, 1987.
- PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica**. São José dos Campos: INPE, 2002 8-8p, 2002.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: A Silva Vieira Ed. 127 p., 2007
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1. **Remote Sensing Cent.**, Texas A&M Univ., College Station.