

Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos em municípios do Alto Vale do Rio do Peixe/SC

Monitoring of vegetation cover through biophysical indices in municipalities in the Alto Vale do Rio do Peixe/ SC

Cibele Alice Decosta, Mestranda, UFSC

cibeledecosta@gmail.com

Resumo

Os estudos voltados para análise integrada da paisagem são importantes ferramentas para o monitoramento e mitigação de impactos ambientais. O presente estudo objetivou analisar e mapear a dinâmica espectro-temporal da cobertura vegetal na região do Alto Vale do Rio do Peixe, compreendendo os municípios de Caçador, Rio das Antas e Videira e suas possíveis relações em decorrência do processo agropecuário existente na região, durante o período entre 2001 a 2019. Esta análise ocorreu através da utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto direcionadas para o estudo da vegetação por meio da aplicação do Índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI) e do Índice de vegetação ajustada pelo solo (SAVI). Constatou-se alterações na cobertura vegetal ao longo do período. Os valores médios mais representativos para NDVI e SAVI encontrados durante o período de estudo foram para os anos de 2001 com 0,77 e 2004 com 1,12, respectivamente.

Palavras-chave: Planejamento ambiental; Sensoriamento Remoto; Índices de vegetação.

Abstract

The studies aimed at integrated landscape analysis are important tools for monitoring and mitigating environmental impacts. The present study aimed to analyze and map the spectral-temporal dynamics of vegetation cover in the Alto Vale do Rio do Peixe region, comprising the municipalities of Caçador, Rio das Antas and Videira and their possible relations as a result of the agricultural process existing in the region, during the period between 2001 to 2019. This analysis occurred through the use of Remote Sensing techniques directed to the study of vegetation through the application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). There were changes in the vegetation cover over the period. The most representative mean values for NDVI and SAVI found during the study period were for the years 2001 with 0.77 and 2004 with 1.12, respectively.

Keywords: Environmental planning; Remote sensing; Vegetation indices.

1. Introdução

As interferências antrópicas no espaço geográfico têm ocasionado apreensão nas últimas décadas, especialmente em relação a qualidade ambiental. As diversas alterações ambientais acarretam no comprometimento da integridade dos recursos naturais, desestabilizando o estado de equilíbrio dinâmico.

Um estudo do espaço geográfico que aborde a respeito do seu espaço físico e aspectos como uso e ocupação do solo aliado ao ciclo hidrológico, permite compreender os principais motivos que intensificaram as degradações, bem como auxiliar no planejamento territorial.

O espaço geográfico é constituído por um conjunto indissociável de diversas variáveis. É irracional, analisar uma variável de maneira isolada. Deste modo, uma das melhores maneiras de analisar o espaço geográfico é através da bacia hidrográfica.

De acordo com Beltrame (1994) a cobertura vegetal se apresenta como um fator importante na manutenção dos recursos naturais renováveis, além de exercer papel essencial na manutenção do ciclo da água, protegendo o solo contra o impacto das gotas de chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica. A vegetação funciona como um manto protetor dos recursos naturais, e por essa razão, sua distribuição e densidade definem o estado de conservação do ambiente.

Compreende-se portanto que analisar a densidade da cobertura vegetal assim como sua espacialidade, torna-se um importante mecanismo para estudos voltados para análise da degradação ambiental, gestão e planejamento dos recursos naturais, compreensão dos processos hidrológicos, diagnóstico do dinamismo no espaço agrário e entre outras finalidades, principalmente quando se utiliza a microbacia hidrográfica como unidade espacial de análise (MELO 2008)

Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo analisar a região do Alto Vale do Rio do Peixe, compreendendo os municípios de Caçador, Rio das Antas e Videira, em uma análise temporal de 18 anos, buscando avaliar a cobertura vegetal e o uso e ocupação do solo bem como apontar possíveis impactos ambientais.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A Bacia do Rio do Peixe está localizada no estado de Santa Catarina, na Mesorregião Meio Oeste Catarinense, abrangendo uma área territorial de 5.238 km² e 28 municípios. A área escolhida como referência para o presente estudo abrange os municípios da região do Alto Vale do Rio do Peixe, compreendendo os municípios de Caçador, Rio das Antas e Videira em uma área de 1685,46 km², conforme pode ser observada na Figura 1.

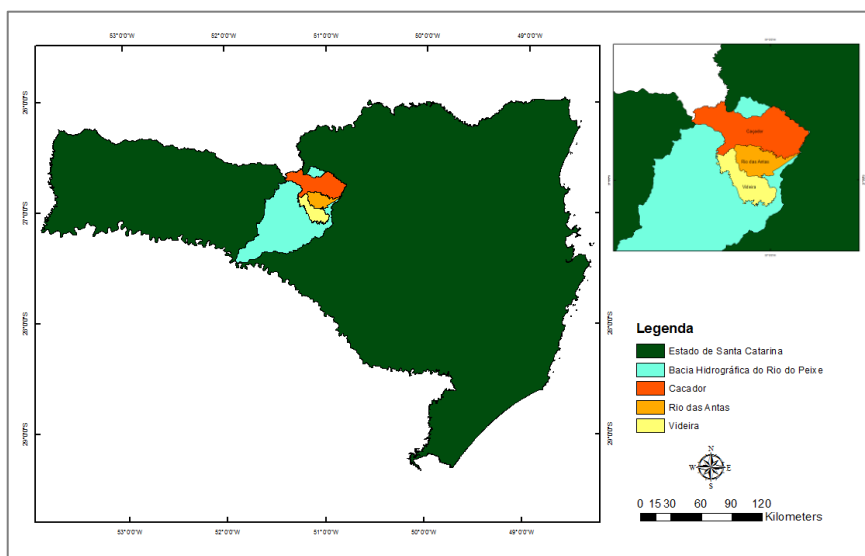


Figura 1: localização da área de estudo. Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme Dados do Sebrae (2010), a Macrorregião Meio Oeste ocupa uma posição de destaque no setor primário catarinense, sendo a Macrorregião com a maior produção estadual de milho, soja e trigo. Além disso, possui uma atividade agropecuária bastante expressiva nas atividades de suinocultura, avicultura, fruticultura e horticultura (uva, pêssigo, maçã e tomate), o cultivo de milho e a produção florestal.

Com relação aos municípios do Alto Vale do Rio do Peixe selecionados Caçador, Videira e Rio das Antas, possuíam respectivamente. 70.762 habitantes, 6.143 habitantes e 47.188 habitantes. Atualmente, estima-se que possuam 78.595 habitantes, 6.205 habitantes e 53.065 habitantes, respectivamente. (IBGE, 2019)

2.2 Materiais e métodos

Para o presente estudo foram utilizadas sete imagens orbitais captadas pelos sensores *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5 e *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30x30 metros e resolução temporal de 16 dias, obtidas através de consulta ao acervo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, disponíveis gratuitamente em plataforma digital. Os requisitos para seleção das imagens foram imagens com baixo índice de cobertura de nuvens (igual ou inferior a 30%) e baixo índice pluviométrico nas datas selecionadas.

As imagens foram processadas e manipuladas em um sistema de informação geográfica (SIG) no software Arcgis 10.4.1. Com auxílio da ferramenta “Extraction by mask” e o shapefile da SDS (2012), foi realizado o recorte da área de estudo.

Para melhorar a qualidade da imagem foi realizado o ajuste do contraste linear, que consiste em uma transferência radiométrica nos pixels para aumentar a discriminação visual dos objetos presentes.

2.2.1 Classificação digital- NDVI

A geração do índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI), é expressa pela razão entre a diferença da média da reflectância do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R) e a soma dos mesmos canais, sendo obtido através da “equação (1)”:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

Sendo:

NIR = Reflectância na banda do infravermelho próximo;

Red = Reflectância na banda do vermelho.

O cálculo do NDVI foi realizado no software ArcGIS 10.4.1 através da ferramenta calculadora raster, utilizando-se as bandas 4 e 3 do sensor Landsat 5 e bandas 5 e 4 para o sensor Landsat 8. Após o processamento, foi realizada a classificação e categorização do arquivo raster, em cinco categorias de acordo com os valores correspondentes de cada classe para uma melhor distinção e interpretação das imagens.

2.2.2 Classificação digital- SAVI

O Índice de vegetação ajustada pelo solo-SAVI é um índice de vegetação que objetiva amenizar os efeitos do solo na geração do índice de Vegetação da diferença normalizada-NDVI.

Este índice de vegetação foi proposto por Heute et al. (1988), o qual constatou que o brilho do solo (principalmente em tons escuros) aumenta o valor dos índices de vegetação, principalmente para dosséis com nível de cobertura vegetal com aproximadamente 50% de cobertura verde. O SAVI é obtido através da “equação (2)”:

$$SAVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{Red})}{(L + \rho_{NIR} + \rho_{Red})} + (1 + L) \quad (2)$$

Sendo:

L = 1 (baixas densidades de vegetação);

L = 0,5 (densidades médias de vegetação);

L = 0,25 (densidades altas de vegetação).

O cálculo do SAVI foi realizado no software ArcGIS 10.4.1 através da ferramenta calculadora raster, utilizando-se as bandas 4 e 3 do sensor Landsat 5 e bandas 5 e 4 para o sensor Landsat 8. Para o presente estudo, foi considerada a densidade de vegetação igual a 0,5. Após o processamento, foi realizada a classificação e categorização do arquivo raster,

em cinco categorias de acordo com os valores correspondentes de cada classe para uma melhor distinção e interpretação das imagens.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Classificação do uso e ocupação do solo

A partir das análises das imagens permitiu-se chegar a classificação do uso e ocupação do solo em cinco classes, conforme pode ser observado no Quadro 1.

Classificação	Representação
Classe 1	Indicativos da presença de corpos d'água, solos descobertos, rochas, áreas urbanizadas, terraplanagem e outras áreas sem vegetação.
Classe 2	Indicativos de pouca atividade fotossintética, onde ocorre a mistura espectral das áreas sem vegetação com áreas de cobertura vegetal menos densa, como áreas com solo exposto ou áreas degradadas.
Classe 3	indicativos da baixa atividade fotossintética, onde ocorre a mistura espectral das áreas com sem ou pouca presença vegetação, como por exemplo áreas de agropecuária, estradas, dentre outros.
Classe 4	indicativos da presença de atividade fotossintética baixa ou média, como por exemplo áreas de cultivo de pastagens, silvicultura e vegetação de arbórea de média densidade.
Classe 5	Estes valores são indicativos da presença de atividade fotossintética alta, como por exemplo vegetação arbórea densa.

Quadro 1: classificação do uso e ocupação do solo. Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta classificação teve como base os valores obtidos durante a classificação digital, onde resultados negativos e/ou próximos a zero representavam áreas de solo exposto, urbanização e manchas d'água. E valores próximos a um indicavam a presença de atividade fotossintética.

2.3.2 Índice de vegetação por diferença normalizada- NDVI

Os índices de vegetação- NDVI foram gerados com base nas imagens dos anos de 2001, 2004, 2007, 2011, 2016 e 2019. De acordo com os valores de NDVI obtidos, foi realizada a classificação do uso e ocupação do solo em cinco classes, representadas em tonalidades diferentes. O comparativo entre o NDVI obtido para o ano de 2001 e 2019 (períodos correspondentes ao início e fim da análise) podem ser observados na Figura 2.

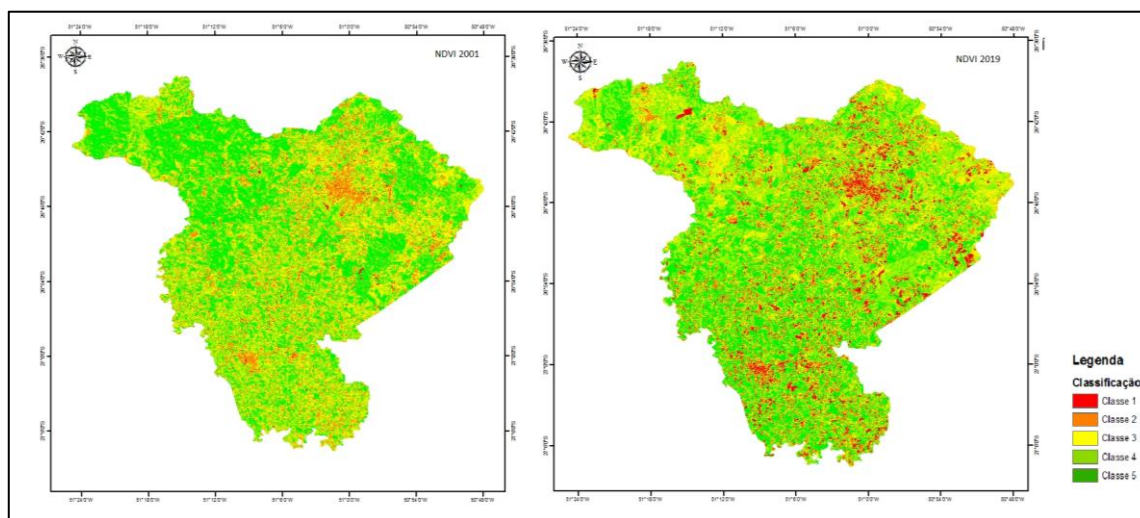


Figura 2: Comparativo do índice de diferença normalizada- NDVI entre os anos de 2001 e 2019. Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme observado, os valores de NDVI sofreram alterações ao longo do período estudado. Houve diferenças mais significativas nas classes 1 (valores de NDVI com valores negativos) e 5.

Durante as análises temporais, pode-se perceber a área pertencente ao município de Caçador (região norte do cartograma) foi a região com a maior presença de vegetação arbórea densa dentre os três municípios analisados. No município de Caçador pode-se notar a presença da atividade de silvicultura bem como manchas de solos expostos com valores negativos o que indicam solos expostos decorridos da atividade de extração de silvicultura e urbanização. Na região central e sul dos cartogramas (áreas pertencentes aos municípios de Rio das Antas e Videira), pode se perceber a presença de vegetação mais fragmentada e uma maior presença de atividade de agropecuária e áreas de cultivo agrícola/pastagem.

Em toda a região analisada, pode-se perceber o crescente aumento da urbanização além da diminuição dos valores máximos de NDVI (próximos a +1), correspondentes a classe de vegetação arbórea mais densa.

O valor médio de NDVI obtido para cada ano analisado pode ser observada no Gráfico 1.

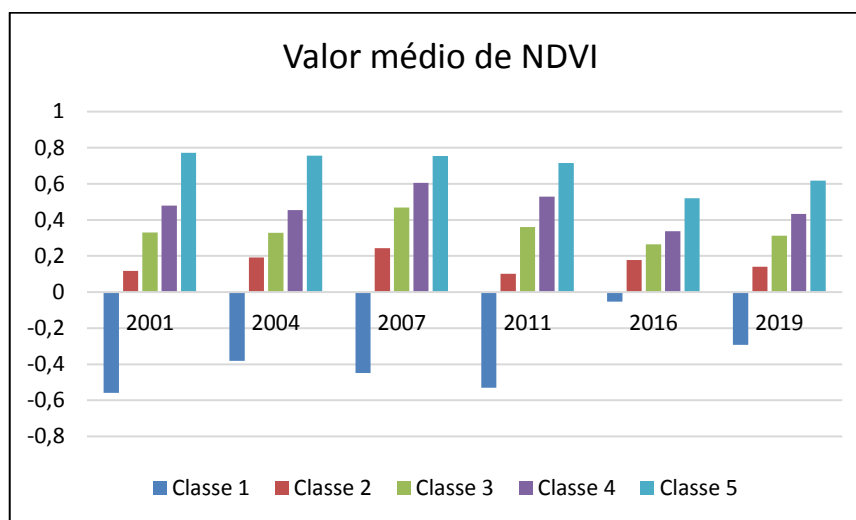


Gráfico 1: média obtida do índice NDVI para os anos entre 2001 a 2019. Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 2 é possível observar a área correspondente a cada classe e sua variação durante o período analisado.

Classificação	NDVI 2001		NDVI 2004		NDVI 2007	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Classe 1	12,48	1%	71,17	4,2%	13,86	0,8%
Classe 2	169,05	10%	230,60	14%	59,21	4%
Classe 3	431,45	26%	437,08	26%	174,02	10%
Classe 4	510,53	30%	509,97	30%	592,62	35%
Classe 5	561,94	33%	436,64	26%	845,74	50%
Total	1685,46	100%	1685,46	100%	1685,46	100%

Classificação	NDVI 2011		NDVI 2016		NDVI 2019	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Classe 1	5,59	0,3%	67,51	4%	92,4822	5%
Classe 2	164,03	10%	201,60	12%	173,0574	10%
Classe 3	234,07	14%	390,90	23%	374,5944	22%
Classe 4	525,85	31%	600,80	36%	590,7555	35%
Classe 5	755,91	45%	424,65	25%	454,5684	27%
Total	1685,46	100%	1685,46	100%	1685,46	100%

Quadro 2: área ocupada pelas categorias de uso e ocupação de solo de acordo com a classificação NDVI. Fonte: Elaborado pelo autor.

O NDVI apresentou algumas diferenças em suas classes durante o período analisado, o que pode ter ocorrido devido a degradação durante o espaço temporal das amostras, a variação da precipitação abaixo da média em relação aos anos anteriores e o aumento do uso e ocupação do solo na região de estudo.

2.3.3 SAVI

Os índices de vegetação ajustada pelo solo- SAVI foram gerados com base nas imagens dos anos de 2001, 2004, 2007, 2011, 2016 e 2019. De acordo com os valores de SAVI obtidos, foi realizada a classificação do uso e ocupação do solo em cinco classes, representadas em tonalidades diferentes. Na Figura 3 é possível observar os resultados do SAVI obtidos para o ano de 2001 e 2019.

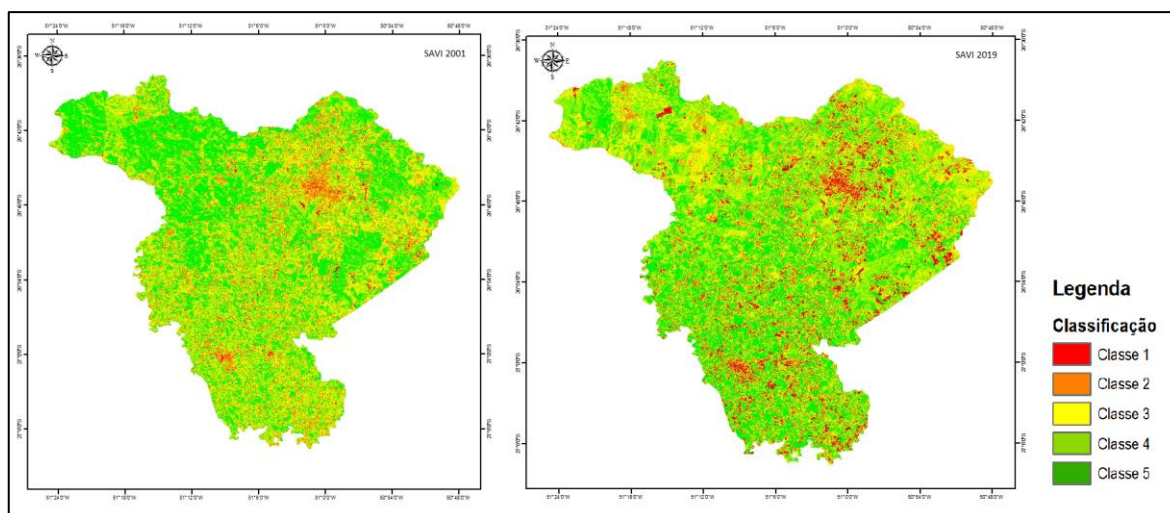


Figura 3: Comparativo do Índice de vegetação ajustada pelo solo-SAVI entre os anos de 2001 e 2019.
Fonte: elaborado pelo autor.

A classe 1 representa os valores negativos e correspondem a perda de vegetação através de solos expostos e urbanização. Na classe 2 (possui valores próximos a zero) percebeu-se o aumento de áreas com atividades antrópicas. Portanto, pode-se perceber que houve uma diminuição na cobertura vegetal em grande parte da área de estudo, porém em determinadas regiões houve a estabilidade na cobertura vegetal, mantendo-se seus valores próximos a um.

O valor médio de NDVI obtido para cada ano analisado pode ser observada no Gráfico 2.

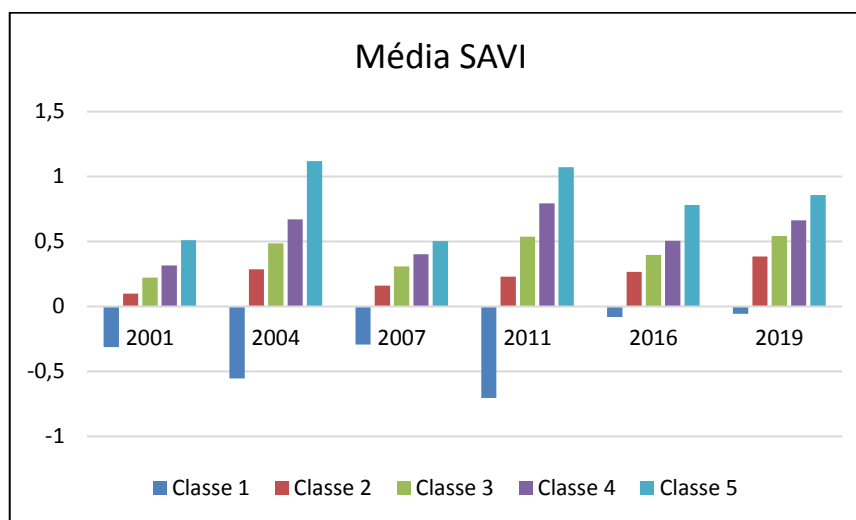


Gráfico 2: média obtida do índice SAVI para os anos entre 2001 a 2019. Fonte: Elaborado pelo autor.

No Quadro 3 é possível observar a área correspondente a cada classe e sua variação durante o período analisado.

Classificação	SAVI 2001		SAVI 2004		SAVI 2007	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Classe 1	20,10	1%	69,06	4%	13,80	1%
Classe 2	184,11	11%	223,31	13%	58,49	3%
Classe 3	403,75	24%	423,48	25%	168,36	10%
Classe 4	540,39	32%	532,69	32%	636,61	38%
Classe 5	537,11	32%	436,92	26%	808,20	48%
Total	1685,46	100%	1685,46	100%	1685,46	100%
Classificação	SAVI 2011		SAVI 2016		SAVI 2019	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Classe 1	6,17	0%	67,52	4%	92,49	5%
Classe 2	160,57	10%	201,61	12%	173,06	10%
Classe 3	242,96	14%	390,94	23%	374,62	22%
Classe 4	519,84	31%	600,80	36%	590,76	35%
Classe 5	755,91	45%	424,60	25%	454,52	27%
Total	1685,46	100%	1685,46	100%	1685,46	100%

Quadro 3: área ocupada pelas categorias de uso e ocupação de solo de acordo com a classificação SAVI. Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme observado na Figura 3 e Quadro 3, o SAVI apresentou maiores índices quando comparado ao NDVI, devido a correspondência com maior densidade de vegetação. Apesar de apresentar estas diferenças entre as classificações, visualmente é quase imperceptível. Em relação a área total de uso e ocupação do solo de cada classe e sua porcentagem de representação, em ambas as classificações os valores ficaram próximos.

2.4 Conclusão

A metodologia da classificação não supervisionada do NDVI a partir das imagens Landsat mostrou-se satisfatória, na medida em que forneceu informações a respeito do comportamento da vegetação durante o período temporal, o que revelou a relação entre o comportamento da vegetação e as mudanças do uso e ocupação do solo.

Os resultados de NDVI e SAVI apresentaram resultados muito aproximados, representando de forma satisfatória o comportamento da vegetação na região estudada. Além disso, mostraram-se eficientes para a análise de uso e ocupação do solo, distinguindo perfeitamente as diferentes classes de uso e ocupação do solo e o acompanhamento da vegetação. Através destas classificações, foi possível identificar os índices de vegetação e estimar sua área e variação ao longo do período em relação a presença de atividades antrópicas. Diante disto, este método demonstrou-se eficiente podendo ser aplicado para estudos ambientais e/ou agricultura de precisão.

Sugere-se para trabalhos futuros, o desenvolvimento de estudos que utilizem metodologias de análises empregando outras modalidades de sensores.

Referências

- BARATI, Susan, et. al. **Comparação da precisão de diferentes índices espectrais para estimativa da fração de cobertura vegetal em áreas com vegetação esparsa.** *Jornal egípcio de sensoriamento remoto e ciência espacial*, v.14, Edição 1, Junho de 2011. p. 49-56.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- Cho, Moses Azong. Ramoelo, Abel. **Datas ideais para avaliar mudanças de longo prazo na cobertura de árvores nos biomas semi-áridos da África do Sul usando a série temporal MODIS NDVI (2001–2018).** *Revista Internacional de Observação Aplicada da Terra e Geoinformação*, v 81, setembro de 2019, páginas 27-36.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais.** 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 31-71.
- FOLHES, Marcelo T. **Uma aplicação da banda termal do TM/Landsat-5 no gerenciamento dos recursos hídricos.** In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos, SP: INPE, 2005. p. 3009-3016.
- FONTANA, Denise Cybis. **Comportamento espectral da vegetação.** Rio Grande do Sul: UFRGS, 2011.
- GOULART, Ana Carolina de Oliveira, et. al. **Relação espectro-temporal entre índices de vegetação e a chuva na cidade do Rio de Janeiro.** Manaus, 11 nov 2015. *Rev. Ciências. Agrárias.*, v. 58, n. 3, p. 277-283.



GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, 1995. 396p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS- INPE. Catálogo de Imagens. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/index.php>>. Acesso em: 05 set 2019.

MELO, E. T. **Diagnóstico Físico Conservacionista da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos–Crateús/CE**. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Fortaleza.

SEBRAE. SANTA CATARINA EM NÚMEROS: macrorregião meio oeste. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/macro_meio_oeste.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2019.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE SANTA CATARINA-SIGSC. Disponível em: <<http://sigsc.sds.sc.gov.br/>>. Acesso em: 01 dez 2019.