

Análise das mudanças no uso e cobertura vegetal ao longo da paisagem da bacia do vale do rio Itapecerica, alto São Francisco, em Minas Gerais.

Evandro Luís Rodrigues¹, Marcos Antonio Timbó Elmiro¹, Sérgio Donizete Faria¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG/IGC
Av. Antônio Carlos, 6627 – Belo Horizonte - MG, Brasil
bioecologia@yahoo.com.br, {mtimbo, sergio.faria}@ufmg.br

Abstract. This study aimed to investigate the changes in the soil use and vegetation cover in the basin of Itapecerica river valley in Minas Gerais, Brazil, between the years 1992 to 2012, using vegetation indices extracted from TM (Thematic Mapper) / Landsat 5 images, and by subtraction between pairs of images SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index). The results show the efficiency of subtraction SAVI technique to detect patterns of changes in vegetation cover in the basin. The diagnosis generated revealed a reduction of about 44.58% on cover, 27.13% relating to regeneration and even 28.29% of the area of use without change or presenting no significant changes. By one side, the rate of regeneration suggests a high degree of resilience related to the anthropic pressure and modification of natural space in recent times. However, the conservation of the region is worrisome because the suppression rate in just 20 years is extremely high, so the basin may face serious conflicts and problems of water supply. These results indicate the need for a specific policy on environmental education for conservation, ecosystem functioning and balance in order to avoid future problems and greater attention to the multiple use of natural resources with emphasis on more sustainable farming methods.

Keywords: remote sensing, image processing, Landsat 5 satellite, vegetation index, vegetation cover.

1. INTRODUÇÃO

A vegetação constitui um importante recurso natural, a qual se relaciona com os fluxos de energia, nutrientes, proteção do solo, equilíbrio dos processos ecológicos, estabilidade geológica, manutenção ciclo hídrico e fixação de carbono. Além disso, a vegetação propicia a conservação da biodiversidade, fornecendo abrigo, alimento e proteção à fauna nativa, entre outros serviços ambientais (THIAGO, 2011). Portanto, torna-se necessário um aprofundamento na investigação quanto à dinâmica da degradação e a pressão antrópica sob a apropriação dos recursos naturais, essencialmente sobre os recursos vegetais e os efeitos provenientes das alterações na paisagem, a fim de assegurar o bem-estar das populações e o uso sustentável desses recursos.

Dessa forma, diversos métodos e técnicas aplicadas aos produtos do sensoriamento remoto, sobretudo a partir da utilização de imagens orbitais, vêm sendo desenvolvidas e cada vez mais aprimoradas como abordagens no entendimento dos processos de apropriação dos recursos naturais pelo homem e dos impactos dela decorrentes (MATIAS, 2009).

Essas metodologias incluem a análise de aspectos como densidade, rugosidade e variedade de usos e cobertura da superfície terrestre (VICENTE, 2007). Assim, devido à necessidade contínua de avaliação e acompanhamento dos recursos vegetais, imprescindíveis à sociedade, métodos como índices de vegetação têm sido empregados a fim de monitorar e avaliar a cobertura vegetal em grande escala (RODRIGUES 2012).

Os índices de vegetação são operações algébricas que envolvem faixas de reflectância específicas, permitindo determinar a cobertura vegetal e a sua densidade (CRUZ *et al.*, 2011). Segundo Moreira (2000), tais índices são combinações de dados espectrais de duas ou mais bandas, usualmente, a do vermelho e a do infravermelho próximo, cuja operação matemática obtém um valor adimensional.

De acordo com (JENSEN, 2009), um dos métodos mais utilizados tem sido o NDVI - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. Entretanto, devido a algumas limitações como a influência da saturação nos valores de radiância advindas da contribuição do solo, e a menor sensibilidade às diferenças do substrato do dossel, bem como as variações do albedo do solo e umidade, optou-se neste estudo por utilizar o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - SAVI, um

índice melhorado que adota uma constante, L, como fator de ajuste para o substrato do dossel variando em função da biomassa.

Segundo Ponzoni e Shimabukuro, (2007), as áreas onde a cobertura vegetal é baixa e a superfície do solo é exposta, a reflexão da luz no espectro vermelho e infravermelho próximo pode influenciar os valores de índice de vegetação. Isso é especialmente problemático quando as comparações são feitas entre diferentes tipos de solo que podem refletir diferentes quantidades de luz nos comprimentos de onda vermelho e infravermelho próximo. O índice de vegetação ajustado ao solo foi desenvolvido como uma modificação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para corrigir a influência do brilho do solo na resposta espectral da cobertura vegetal.

Dessa forma, o SAVI foi escolhido por oferecer uma melhor performance na identificação de fitofisionomias do cerrado da região e na separação entre as classes para faixas de valores com vegetação densa, esparsa e rala, conforme os resultados também obtidos por Santiago et al. (2009) e Vieira da Silva et al. (2009) para o método SAVI. A escolha também se fundamenta devido às condições de solo na bacia que, aparentemente, têm grande influência sobre os valores de reflectância (RODRIGUES 2012).

Desse modo, este estudo torna-se relevante em avaliar a densidade da cobertura vegetal bem como as alterações ao longo da paisagem constituindo um instrumento valioso nos estudos voltados ao diagnóstico, análise ambiental, gestão e planejamento de recursos naturais, compreensão dos processos hidrológicos, evolução e dinâmica do espaço urbano e rural, entre outras finalidades.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as mudanças do uso e cobertura vegetal na bacia do vale rio Itapecerica, em Minas Gerais, Brasil, entre os anos de 1992 a 2012, a partir da utilização de índices de vegetação aplicados imagens TM (Thematic Mapper)/Landsat 5, por meio da subtração entre os pares de imagens SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do vale do rio Itapecerica que está localizada na cabeceira do alto rio São Francisco no estado de Minas Gerais, sua área é 2.013,79 km², abrangendo 7 municípios. A bacia hidrográfica está situada dentro do retângulo envolvido pelas coordenadas UTM, Fuso 23, Hemisfério Sul, Sistema Geodésico SAD 69 (South American Datum 1969), E=477.438,50m e N=7.780.126,03m e E=531.846,12m e N=7.709.661,28m com altitude média aproximada de 800 m (Figura 1).

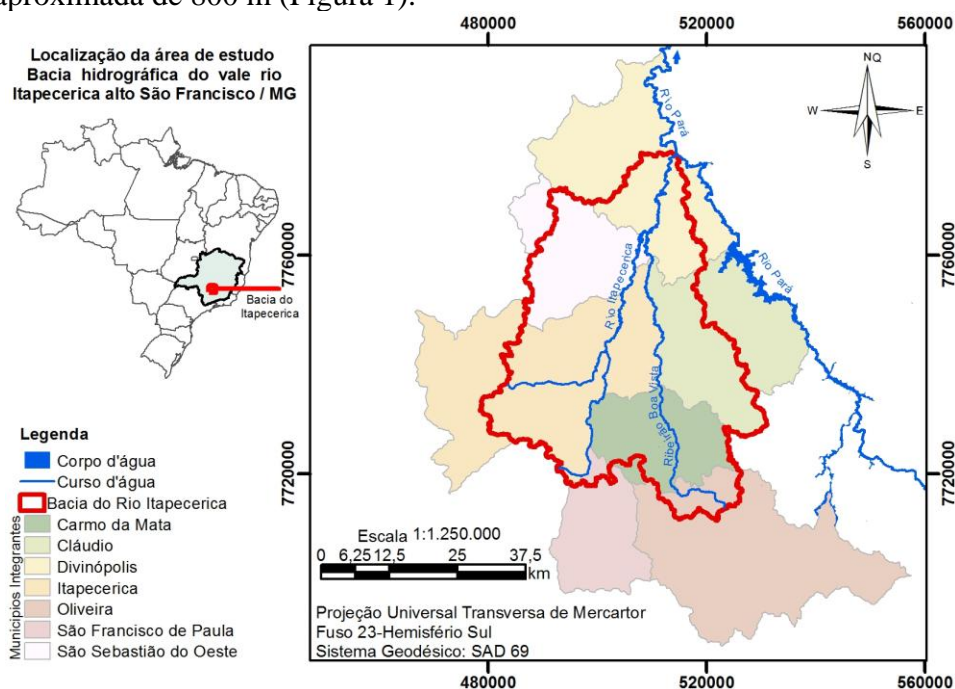


Figura 1: Localização da área de estudo: Sub-Bacia do Vale do Rio Itapecerica, MG.

O clima da bacia responde sensivelmente pela atuação dos componentes de larga escala, e isso se deve a sua localização latitudinal entre o trópico de capricórnio e o equador. Além disso, também recebe contribuições advindas das influências locais marcada principalmente pelo relevo e hidrografia. Assim, o vale do rio Itapecerica tem clima quente e semi-úmido conforme Koeppen classificado em Cwa, mesotérmico de clima temperado chuvoso, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente superior a 22° C. O mês mais seco tem precipitação inferior à décima parte da precipitação do mês mais chuvoso com índice pluviométrico entre 1.200mm a 1.700mm anuais.

O rio Itapecerica, é afluente pela margem esquerda do rio Pará, localiza-se no setor leste-sudeste da cidade de Divinópolis. Suas nascentes encontram-se próximas ao município de Itapecerica, MG, adjacentes ao divisor norte da cabeceira do rio Lambari. O talvegue apresenta extensão total de cerca de 47 km, desenvolvendo-se desde a altitude 915m até 700m.

A vegetação que compõe a cobertura na bacia é do bioma Cerrado, caracterizada pela existência de um extrato arbustivo com árvores espaçadas, retorcidas, em geral dotadas de cascas grossas e suberosas e de raízes profundas e pela existência de um estrato herbáceo-gramíneo. Entretanto, o Cerrado encontra-se, em grande parte, degradado pela atividade pastoril, que é praticada de forma extensiva. A degradação é também aliada à ocupação urbana, mediante a ampliação das áreas urbanas e parcelamento do solo.

Segundo a Embrapa (2011), o bioma Cerrado é considerado a savana tropical mais importante do mundo em termos de biodiversidade isso vem justificar a importância dos estudos sobre a cobertura vegetal neste bioma.

2.2. Materiais

Neste trabalho, foram utilizados pares de imagens orbitais multitemporais do sensor TM/Landsat 5, adquiridos em dois períodos distintos, respectivamente em 18/06/1992 e 19/07/2012, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Utilizaram-se as bandas do vermelho (0.63-0.69µm) e infravermelho próximo (0.76-0.90µm), todas com resolução espacial de 30m. Empregou-se também uma ortoimagem GeoEye, com resolução espacial no modo pancromático de 50 cm, adquirida em 16 de julho de 2012.

O processamento digital e a confecção do layout das imagens foi realizada no software ArcInfo 10.1 com o auxílio de scripts desenvolvidos na linguagem Python.

2.3. Métodos

De modo simplificado, as etapas do trabalho são ilustradas na Figura 2.

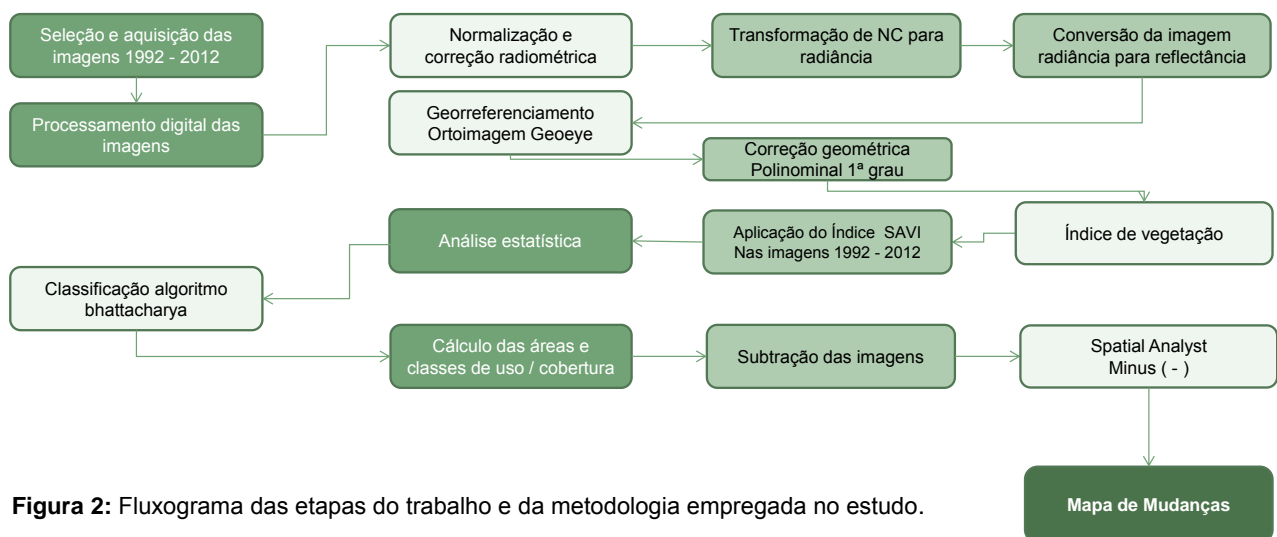


Figura 2: Fluxograma das etapas do trabalho e da metodologia empregada no estudo.

A correção radiométrica das imagens foi executada com procedimentos em linguagem Python, aplicando o método do Histograma Mínimo. Segundo Chander et al. (2009), esse método é

o mais utilizado para reduzir o efeito atmosférico, sendo particularmente importante quando se emprega técnicas de realce por divisão de canais, e se baseia na subtração do mínimo valor digital encontrado em uma banda espectral.

Em seguida, procedeu-se à correção geométrica, utilizando um modelo polinomial de primeira ordem para realizar o registro das imagens, tomando como base a ortoimagem GeoEye. Esta imagem possui resolução espacial de 0,5m, sistema de projeção UTM, Fuso 23, Hemisfério Sul, com coordenadas vinculadas ao Sistema Geodésico SAD 69. Foram tomados 25 pontos de controle distribuídos uniformemente sobre as imagens Landsat. O Erro Médio Quadrático (RMS – Root Mean Square) total obtido foi de 0,32 pixel. Estes mesmos pontos foram tomados para as quatro imagens. O método de reamostragem adotado foi o do vizinho mais próximo, uma vez que não modifica a informação radiométrica das imagens.

Neste estudo realizou a normalização das imagens Landsat TM, pois o cálculo apropriado dos índices de vegetação demanda a conversão dos valores digitais (DN – Digital Number) para valores físicos, como radiância e reflectância (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Desse modo, a conversão dos DN's para a radiância bidirecional aparente foi realizada segundo a equação sugerida por Markham e Baker (1986) (Equação 1):

$$L_0(\lambda) = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \cdot DN \quad (1)$$

na qual a e b são, respectivamente, as radiâncias mínimas e máximas ($Wm^{-2} sr^{-1} m^{-1}$) detectadas pelo sensor TM, DN são os números digitais da imagem (0 a 255) e i representa as bandas espectrais do sensor (Chander et al., 2009).

A reflectância é obtida por meio da razão entre o fluxo emergente da atmosfera e o fluxo incidente no seu topo, na região e banda espectral avaliada, conforme apresenta a Equação 2:

$$\rho_i = \frac{\pi \cdot L_0(\lambda) \cdot d^2}{E_{sun}(\lambda) \cdot \cos(\theta)} \quad (2)$$

onde ρ_i é a reflectância bidirecional aparente de cada banda; $L_0(\lambda)$ é a radiância bidirecional aparente ($mW cm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$); d é a distância Terra- Sol, em unidades astronômicas; $E_{sun}(\lambda)$ é a irradiância solar média no topo da atmosfera ($mW cm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$); e θ é o ângulo zenital solar (CHANDER et al., 2009).

Após a execução dos passos anteriores foi aplicado o índice de vegetação aos pares de imagens Landsat TM a fim de caracterizar o dossel por meio de medidas radiométricas da vegetação, empregadas para avaliar mudanças temporais e espaciais dos dados biofísicos. O objetivo do emprego de índices de vegetação é minimizar o total de dados espectrais e realçar a contribuição espectral da vegetação verde, bem como reduzir a contribuição do solo, o ângulo solar, a vegetação senescente e a atmosfera.

O Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) foi proposto por Huete (1988) constituindo um novo modelo para o caso de coberturas vegetais pouco densas. É calculado pela razão entre a diferença da reflectância na região do infravermelho próximo e do vermelho pela soma dessas bandas, conforme se verifica na Equação 3:

$$SAVI = \left[\frac{(\rho_{IVP} - \rho_{VERM})}{(\rho_{IVP} + \rho_{VERM} + L)} \right] \cdot (1 + L) \quad (3)$$

O fator de multiplicação $(1+L)$ impõe que os valores desse índice oscilem de -1 a +1. A constante L , pode apresentar valores de 0 a 1, variando segundo a própria biomassa. De acordo com Huete (1988) apud Ponzoni e Shimabukuro (2009), os valores ideais da constante L são: 1 para baixas densidades, 0,5 (para densidades intermediárias de vegetação) e 0,25 para altas densidades de vegetação.

As imagens adquiridas pelo satélite Landsat 5 TM (Thematic Mapper), e as propriedades de cada uma são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Informações e parâmetros estatísticos das imagens Landsat 5 TM

<i>Data do Imageamento</i>	<i>Orbita</i>	<i>Cena</i>	<i>Banda</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Variância</i>
18/06/1992	218	074	3 - Vermelho (<i>pred</i>)	19,61	8,09	60,45
18/06/1992	218	074	4 – Infravermelho (<i>pnir</i>)	51,21	21,04	420,13
19/07/2012	218	074	3 – Vermelho (<i>pred</i>)	19,52	13,05	50,16
19/07/2012	218	074	4 – Infravermelho (<i>pnir</i>)	50,45	24,12	561,14

A partir das informações estatísticas das imagens foram executados os procedimentos descritos, sendo as imagens georreferenciadas, corrigidas radiometricamente e realizada a transformação dos DN's em reflectância espectral. Em seguida, aplicou-se o método de índice de vegetação SAVI adotando uma constante L igual 0,5 por representar densidades médias de vegetação, como é o caso da região de estudo (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). Após o cálculo dos índices, foram definidas as classes de uso e cobertura do solo para as imagens-índice SAVI de cada período, sendo elas: Urbanização, Solo Exposto, Pastagem, Cultura Agrícola, Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual. Portanto, foi executado o cálculo das classes de uso e cobertura vegetal, com emprego do algoritmo de *bhattacharya* para classificação supervisionada e geração das imagens temáticas. Esse passo teve como propósito o mapeamento do uso da terra segundo as classes de uso e cobertura do solo para cada imagem-índice, para posteriormente a subtração entre elas e detecção de mudanças.

O mapa de detecção das mudanças, foi obtido com emprego da ferramenta *Minus* do Spatial Analyst/ArcInfo. Neste processamento os valores dos pixels da imagem raster mais recente foram subtraídos a partir dos valores contidos na imagem raster mais antiga, tendo como base comparações aritméticas numa janela célula-a-célula conforme Equação 5 .

$$\text{Detecção de Mudanças Savi } 2012 = \frac{(1+L)(pnir-pred)}{(pnir+pred+L)} \text{ (Spatial Analyst) Minus (-) Savi } 1992 = \frac{(1+L)(pnir-pred)}{(pnir+pred+L)}$$

(5)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens índice de vegetação SAVI referente aos imageamentos nos anos de 1992 e 2012 são ilustradas nas Figuras 3 (a) e (b). Elas apresentam diferenças de tonalidades sutis com poucas diferenças visuais de comportamento dos alvos de acordo com os princípios de fotointerpretação, notadamente nas áreas onde a vegetação é mais densa. Entretanto é verificado na classificação que as mudanças são gradativas ao longo da paisagem, evidenciando as taxas crescimento da região bem como a ocupação antrópica, crescimento populacional, expansão das áreas urbanas, ampliação das áreas agricultáveis, pastoreio e conseqüentemente a diminuição das áreas de floresta nativa, cerrado e floresta estacional semidecidual conforme Tabela 2.

A fim de representar aproximadamente os usos e cobertura existentes obtidas na classificação original (RGB543), as imagens índice passaram por um processo de divisão em classes temáticas, e submetidas a um processo de álgebra de mapas através da subtração entre as imagens objetivando estabelecer as relações de mudança temporais ocorridas na bacia.

Diante da aplicação da metodologia, foram verificadas as diferenças nas respostas espectrais presentes nos limites da bacia do Itapeçerica. Desse modo, essas respostas puderam ser avaliadas com o uso de modelos matemáticos para identificação dos alvos, sob a definição dos limiares de decisão na formação das classes de uso. A subtração das imagens nos referidos anos foi extraída com subsídio nos parâmetros estatísticos, utilizados para formular a sintaxe de expressão para cada situação de uso do solo de acordo com as variáveis determinantes, usando o algoritmo *Minus* da ferramenta Spatial Analyst implementado no software ArcInfo.

A Figura 3 apresenta as imagens finais e as classes de uso e cobertura do solo definidas neste estudo, além da imagem de detecção de mudanças.

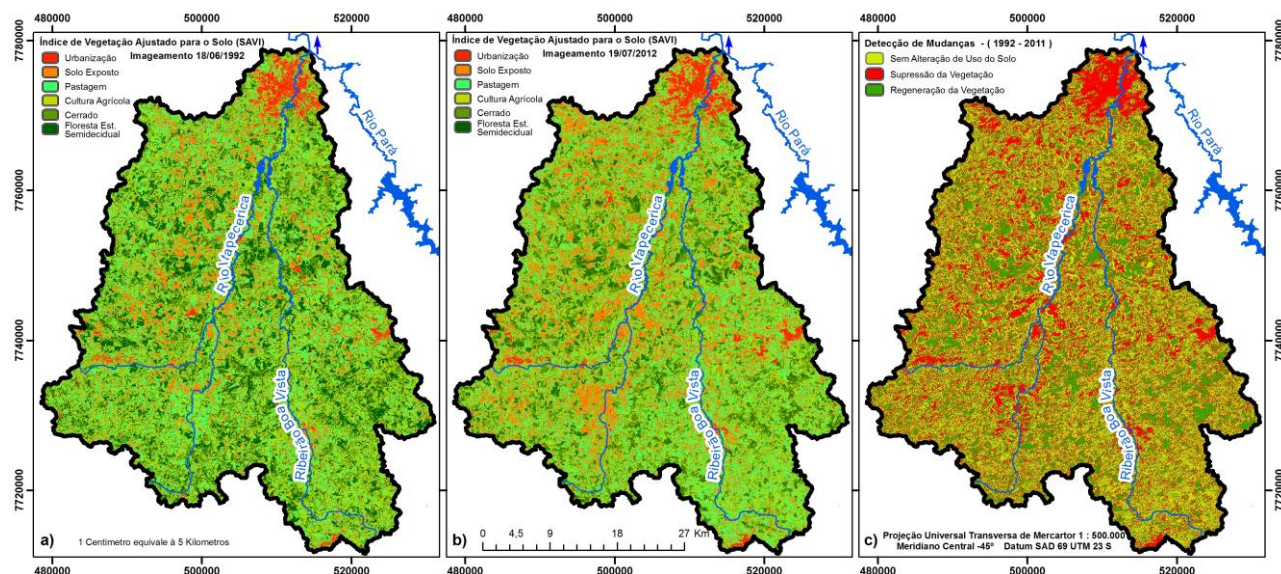


Figura 3: Índices de vegetação SAVI e detecção de mudanças na bacia hidrográfica do vale do rio Itaipicera. a) Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI 1992); b) Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI 2012); c) Detecção de mudanças no uso e cobertura vegetal.

A Tabela 2 apresenta as áreas de uso cobertura vegetal estimada de acordo com os índices de vegetação SAVI nos anos de 1992 e 2012 dentre os intervalos determinados. Assim, as categorias temáticas de cobertura foram definidas para cada período, bem como, a variação das mudanças ocorridas nesse intervalo multitemporal, referente ao uso e cobertura vegetal da bacia do rio Itaipicera / MG, que puderam ser diagnosticadas.

Tabela 2: Área estimada para cada tipo de uso e cobertura do solo a partir dos índices de vegetação SAVI.

Tipo de Uso e Cobertura Vegetal	Índice de Vegetação Ajustado para o Solo SAVI – 1992		Índice de Vegetação Ajustado para o Solo SAVI - 2012		Detecção de Mudanças Uso e Cobertura
	Área Km ²	Índice (%)	Área Km ²	Índice (%)	Variação (%)
Urbanização	213,99	10,63	262,56	13,04	22,70
Solo Exposto	199,66	9,91	200	9,93	0,17
Pastagem	413,39	20,53	500,21	24,84	21,00
Cultura Agrícola	412,43	20,48	445,03	22,10	7,90
Cerrado	557,56	27,69	440,26	21,86	-21,04
Floresta Est. Semidecidual	216,76	10,76	165,73	8,23	-23,54
Σ-Total	2013,79	100	2013,79	100	0

A delimitação de acordo com os indicadores das variáveis *Minus* foi configurada conforme as classes seguintes: *I-Supressão da Vegetação*, *II-Sem Alteração do Uso* e *III-Regeneração da Vegetação*. As áreas de uso e cobertura vegetal referentes ao ano de 1992 foram consideradas como a imagem de referência para comparação com a imagem índice do período de 2012. Assim, essas duas imagens foram utilizadas na álgebra de mapas através da subtração a fim de verificar as alterações temporais ao longo da paisagem. Os resultados indicaram uma prevalência no aumento de 44,58% sobre a perda ou Supressão da Vegetação; 27,13% relativos à regeneração da cobertura original e ainda 28,29% da área sem alteração do uso, ou seja, em que não houve mudança ou intervenções significativas conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3: Detecção das mudanças quanto ao uso e cobertura vegetal entre os anos de 1992 e 2012 SAVI.

Situação do Uso e Cobertura	Área Km ²	Percentual (%)
<i>I</i> Sem Alteração do Uso	569,78	28,29
<i>II</i> Supressão da Vegetação	897,65	44,58
<i>III</i> Regeneração da Vegetação	546,36	27,13
Σ Total	2013,46	100,00

A situação do uso e cobertura sem alteração no uso na bacia do rio Itapecerica, foi acompanhada de processos concomitantes com as transformações estruturais caracterizadas tanto pela perda através da supressão da vegetação, quanto da regeneração da vegetação. Esse diagnóstico destaca o alto grau de resiliência quanto à pressão antrópica e a modificação do espaço natural nos períodos mais recentes. A conservação ambiental da bacia é preocupante, pois a taxa de perda de vegetação de 44,58% em apenas 20 anos que é extremamente alta, podendo a bacia enfrentar sérios conflitos e problemas de suprimento de água. Dessa forma, recomenda-se maior atenção ao uso múltiplo dos recursos naturais com ênfase em métodos para exploração mais sustentáveis.

A identificação da densidade vegetal por meio de índice SAVI e da subtração através do processo de álgebra de mapas mostrou-se adequado para análise e detecção das mudanças. Os estudos com análise a partir de imagens orbitais se aplicam a níveis distintos de coleta de dados e áreas geográficas e se relacionam a diversas áreas de conhecimento, o que leva a necessidade de determinados cuidados e análises, fatores estes que justificam o preparo de material e escolha da metodologia a ser empregada (FARIAS, 2011).

Estes resultados são semelhantes aos alcançados por Farias (2011). De acordo com este estudo, por serem áreas ocupadas em sua grande maioria pela presença de lavouras, estas, estão sujeitas a alterações frequentes na cobertura vegetal em função da espécie cultivada, do manejo, da data de plantio e do desenvolvimento fenológico da cultura. Os resultados obtidos demonstraram que a área coberta por vegetação pode ser estimada, a níveis aceitáveis, por meio das imagens TM/Landsat 5, corroborando com os resultados alcançados em outros estudos sobre o mesmo tema, e.g., Albuquerque et al. (2011), Silva e Moreira (2011).

4. CONCLUSÕES

As imagens de SAVI associadas com imagens de reflectância da banda do infravermelho próximo obtidas a partir de imagens Landsat/TM dos anos de 1992 e 2012 permitiram diferenciar, mapear e quantificar seis classes de densidade de uso e cobertura na área de estudo nos dois diferentes anos e associá-las aos principais usos das terras na região. A partir do cruzamento dos mapas de ambos os anos foi possível também avaliar e quantificar alterações na cobertura vegetal e inferir alterações no uso das terras.

O índice de vegetação SAVI mostrou-se adequado à avaliação dos tipos de cobertura vegetal presentes na bacia do vale do rio Itapecerica. O índice utilizado apresentou comportamento similar nos dois períodos com bom desempenho na identificação das classes de cobertura vegetal predominantes. Os limites de classe para os índices de vegetação avaliados variaram segundo valores predominantes na literatura observada.

Os dados indicam que na área de estudo predominavam amplamente áreas com cobertura vegetal associada às pastagens tanto em 1992 quanto em 2012. As áreas destinadas à urbanização e solo exposto cresceram consideravelmente neste período substituindo, sobretudo, áreas ocupadas por remanescentes de cerrado e floresta estacional semidecidual.

Os resultados podem servir como subsídio na investigação, desenvolvimento e modernização do setor agropecuário e os consequentes impactos devidos às transformações estruturais no uso e cobertura da superfície local (FARIAS, 2011). Portanto, o domínio desses conhecimentos sobre as alterações na paisagem é de fundamental importância, pois possibilita proposição de instrumentos de planejamento e gestão adequados ao território.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, C. K.; Cruz, C. B. M.; Barros, R. S. Sensibilidade de índices de vegetação para classificação do estado de conservação da cobertura florestal. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1652-1659.

Cruz, M. A. S.; Souza, A. M. B.; Jesus, J. S. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos Índices de Vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na bacia do rio Japarutuba-Mirim em Sergipe. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1357-1365.

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**, 113, p.893-903, 2009.

Embrapa. Agência de Informação Embrapa-Bioma Cerrado. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AGO01/Abertura.html>.> Acesso em: 29 de out. de 2012.

Farias, Fernanda O. de et al. **Avaliação das Alterações na Cobertura Vegetal de Área no Estado de Mato Grosso do Sul entre 1990 e 2010 por Meio de Imagens Landsat TM**. 5º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - Campinas, 2011.

Huete, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, 25:295-309, 1988.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p

Markham, B. L.; Barker, L. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523, 1987.

Matias, L.F. **Geoprocessamento Aplicado à Análise das Transformações no Uso da Terra no Município de Paulínia- SP(1964-2006)**. Campinas: Instituto de Geociências/UNICAMP,2009. (Projeto de pesquisa).

Moreira, R. C. **Influência do posicionamento e da largura de bandas de sensores remotos e dos efeitos atmosféricos na determinação de índices de vegetação**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos. 2000.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. v.1. 140 p.

Rodrigues, Evandro Luís. **Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do vale do rio Itapeçerica, alto São Francisco, em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Instituto de Geociências- UFMG, 2012. (Tese de Mestrado).

Santiago, M.M.; Alves da Silva, H.; Oliveira, T.H; Galvêncio, J.D. Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no Entorno da Barragem do Botafogo-PE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 3003-3009.

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Projetos Abaeté, Campo Belo, Divinópolis, Formiga, Oliveira, Pará de Minas e Pompéu- MG**. Belo Horizonte, 2010. 160 p.

Silva, A. M.; Moreira, E. B. M. Avaliação espaço temporal do índice de vegetação (NDVI) no manguezal de Maracaípe – PE, através de imagens do satélite Landsat 5 TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1570-1575.

Thiago, Carlos Roberto Lima *et al.* **Utilização de Subtração de Imagem e NDVI na Avaliação da Cobertura Vegetal do Município de Guacuí-ES**. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI encontro Latino Americano de Pós-Graduação- Universidade do Vale do Paraíba, 2010.

Vicente, L. E. **Caracterização de Sistemas Ambientais Tropicais Complexos utilizando Análise Sistemática e Classificação Hiperespectral de dados do sensor Aster**. Campinas: Instituto de Geociências/UNICAMP,2007.(Tese de Doutorado).

Vieira da Silva, C.A.; Alves da Silva, H.; Oliveira, T.H; Galvêncio, J.D. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 3079-3085.