

# Análise temporal da dinâmica florestal em área de reflorestamento por meio de índices de vegetação

*Temporal analysis of forest dynamics in the area of reforestation through vegetation indexes*

Quinto Vagner Mauri<sup>1</sup>, Magalhães Ivo Augusto Lopes<sup>1</sup>, Omena Moisés Savedra<sup>2</sup>, Pena Flávio Eymard da Rocha<sup>2</sup>, Chiba Marlene Leiko<sup>1</sup> e Dos Santos Alexandre Rosa<sup>3</sup>

*Recibido: enero, 2012 / Aceptado: julio, 2012*

## Resumen

A vegetação é um importante recurso natural, a qual se relaciona às propriedades férteis dos solos, a manutenção de aquíferos, evapotranspiração, fixação de carbono e habitat de espécies. No entanto, os índices de vegetação são utilizados em estudos temporais para análise da cobertura vegetal em diversas regiões para análise do desmatamento e regeneração de biomas. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de cinco índices de vegetação RVI, NDVI, NRVI, CTVI e SAVI por meio da subtração de imagens orbitais para comparar a dinâmica da vegetação no 'Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama' referente aos anos de 1987 e 2010. O NRVI e o SAVI podem ser utilizados para a análise temporal de projetos de reflorestamento, pois apresentaram resultados semelhantes ao do NDVI, já o CTVI não é indicado para a análise temporal de projetos de reflorestamento, pois apresentou os piores resultados nas avaliações estatísticas e do histograma.

**Palavras chave:** Índice de vegetação; sensoriamento remoto; cobertura vegetal; análise temporal.

## Abstract

The vegetation is an important natural resource, which is related the fertile properties of the soil, the maintenance of aquifers, evapotranspiration, carbon fixation and species habitat. However, vegetation indexes are used in studies for temporal analysis of vegetation in different regions for analysis of deforestation and regeneration of biomes. Based on the above, this study is aimed at evaluating the performance of five vegetation indexes RVI, NDVI, NRVI, CTVI and SAVI I by means of subtracting of the orbits images to compare the dynamics of vegetation in the Municipal Forest Orchard Laerth Paiva Gama for the years 1987

1 Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Florestal, Alegre, Espírito Santo (ES)-Brasil. Correo eletrônico: quintouniversitario@hotmail.com.br; ivo-magalhaes@hotmail.com.br; marlenechib@hotmail.com.br

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Ibatiba, Espírito Santo (ES)-Brasil. Correo eletrônico: moisesomena@gmail.com.br; flavio.pena@ifes.edu.br

3 Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Rural, Alegre, Espírito Santo (ES)-Brasil. Correo eletrônico: mundogeomatica@yahoo.com.br

and 2010. The NRVI and the SAVI can be used for temporal analysis of the reforestation projects, because they showed results similar to the NDVI; the CTVI is not indicated for temporal analysis of reforestation projects yet, because it had the worst results in the statistical evaluations and in the histogram.

**Key words:** Vegetation index; remote sensing; vegetation cover; temporal analysis.

## 1. Introdução

Considerando que a vegetação é um importante recurso natural, a qual se relaciona com as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, com a manutenção de aquíferos, com a evapotranspiração, com a fixação de carbono, entre outros, entende-se como necessária a adoção e divulgação de métodos que permitem a análise temporal da situação de tal recurso, por meio da utilização de índices de vegetação, que foram criados, entre outros fins, para tentar diminuir o trabalho de análise de dados orbitais, por meio da maximização de informações espectrais da vegetação no menor número de bandas de operação dos sensores.

Os sistemas de Sensoriamento Remoto (SR) possui a capacidade de fazer o registro de dados da superfície e também da dinâmica da paisagem, firmando-se cada vez mais como uma eficiente ferramenta para controle e análise de recursos naturais em geral (Florenzano, 2002), pois a periodicidade das imagens associadas às metodologias propostas permite inferências e conclusões a cerca da superfície terrestre e dos alvos observados (Novo, 1989).

Dentre estas diversas técnicas para análise e monitoramento temporal da vegetação o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é o mais

utilizado e reconhecido, dentre os mais de 50 catalogados na literatura (Moreira, 2005). Os índices NDVI são distribuídos entre 0 e 255 (8 bits) relacionados a valores variáveis entre -1 e +1, sendo os tons mais claros relacionados aos maiores valores e os tons mais escuros aos valores mais baixos (Ponzoni e Shimabukuro, 2007).

Os índices de vegetação podem ser explorados na região do visível e infravermelho próximo, podendo ser relacionados a propriedades espectrais da vegetação a partir da verificação do comportamento antagônico da reflectância nestas faixas. Os dados de reflectância dos alvos podem ser transformados em índices de vegetação, aos quais foram criados com o intuito de ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre (Ponzoni e Shimabukuro, 2007).

Diante da potencialidade de exploração da vegetação por diversos índices, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de cinco índices de vegetação: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Correção Transformada da Vegetação (CTVI), Índice de Vegetação da Razão (RVI), Índice de Vegetação da Razão Normalizado (NRVI) e Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), por meio da subtra-

ção de imagens orbitais para comparar a dinâmica florestal na porção territorial do 'Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama', Alegre, Espírito Santo (ES), referente aos anos de 1987 e 2010.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

A área deste estudo compreende o 'Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama', classificada como unidade de conservação (UC). Localiza-se no município de Alegre, Espírito Santo (ES), com unidade territorial de 27,7 ha situado no bairro

Clério Moulin, mas precisamente entre as coordenadas geográficas 20°46'12" latitude Sul e 41°32'59" longitude Oeste (Figura 1).

O horto foi criado em 1992 por meio de lei municipal e em 2005 transformado em unidade de conservação (ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico), devido suas características ambientais de floresta estacional semidecidual, com ecossistemas importantes como brejo herbáceo na parte baixa da área e de silvicultura e reflorestamento misto (Gazeta Sul, 2009).

Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo 'Cwa', ou seja, tropical quente úmido,

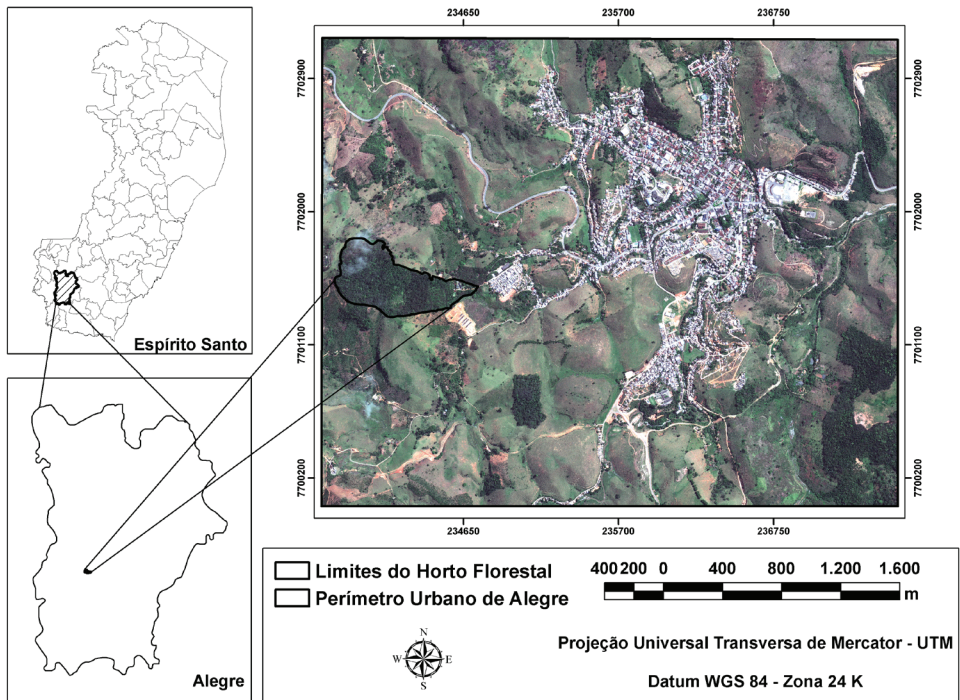


Figura 1. Localização do horto florestal no município de Alegre (ES)

com inverno frio e seco, temperatura média de 23,1°C e precipitação anual média de 1.341 mm. Em um estudo sobre a variabilidade temporal de uma série histórica de 63 anos de dados de precipitação para o município de Alegre, constataram que existem duas estações bem definidas, seca e chuvosa, com a maior precipitação média de 242,2 mm em dezembro, e o menor valor médio de 26,7 mm em junho (Lima, *et al.*, 2008).

## 2.2 Dados orbitais e vectoriais

Para registrar as alterações ocorridas na vegetação do horto florestal, foram utilizadas imagens do sensor TM do satélite LANDSAT 5, na composição 2, 3 e 4, com resolução espacial de 30m recobrando toda área deste estudo. As imagens foram selecionadas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pelo endereço eletrônico <http://www.dgi.inpe.br.com>. O limite do horto florestal foi vetorizado em uma escala constante de 1:1.500 delimitando a área de estudo.

A opção de utilizar o satélite Landsat TM5 foi feito pela alta diversidade temporal do seu catálogo de imagens, apresentando imagens gratuitas e atuais, com alta resolução espacial eficiente para a realização deste estudo. Foram escolhidas as imagens com datas de passagens

de 01/06/1987 e 31/05/2010, órbita 216 e ponto 74, priorizando o período de estiagem da região com fator cobertura de nuvem de até 5% em duas cenas distintas conforme apresentado pela tabela 1.

## 2.3 Processamento digital de imagens (PDI)

A distinção dos objetos nas imagens advindas dos sensores remotos é eficaz para identificar as características geométricas e formato dos objetos (Ponzoni e Shimabukuro, 2010). Entretanto as imagens obtidas por satélites estão sujeitas a uma série de distorções espaciais e radiométricas, portanto, não apresentam precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos alvos terrestres ou fenômenos neles contidos (Crósta, 1992). Diante desta afirmação o PDI das imagens LANDSAT TM5 foi elaborado no software ArcGIS 10.0, onde foi empregada a técnica de equalização do histograma para melhor visualização das imagens e equilíbrio das cores e posteriormente foi realizado o georreferenciamento das imagens conforme a base única das Ortofotos do Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), na projeção cartográfica sistema *Universal Transversal Mercator* (UTM) e o *Datum* WGS-84 (Figura 2).

**Tabela 1. Dados das imagens LANDSAT 5 TM utilizadas para aplicação dos índices de vegetação**

Órbita/Ponto	Data das Imagens	Resolução Espacial	Período
216/074	01/06/1987	30 metros	Estiagem
216/074	31/05/2010	30 metros	Estiagem

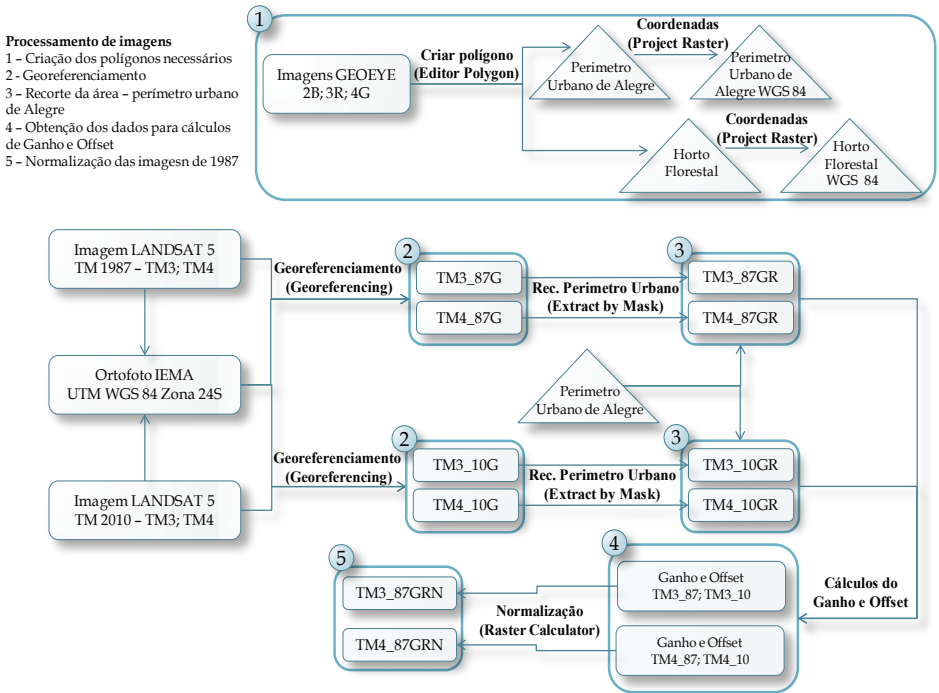


Figura 2. Fluxograma metodológico das correções geométricas e radiométricas das bandas espectrais das imagens LANDSAT 5 TM de 1987 e 2010

### 2.4 Normalização radiométrica

A correção radiométrica referente à normalização das imagens foi fundamentada em dois passos: aquisição de um conjunto de dados de controle, caracterizado pelos baixos valores de reflectância média entre as imagens e a determinação empírica dos coeficientes para a transformação linear de todas as imagens em relação aos dados de referência. Foi adotado o Método de Uniformização das Médias e Variâncias (UMV), utilizando as imagens do ano de 2010 como imagens de referência. Neste método, a uniformização das médias e variâncias foi feita por meio de

uma transformação linear  $[f(x) = ax + b]$ . Nas equações 1, 2 e 3 são mostrados os cálculos das uniformizações das imagens, bem como os Ganhos e os Offsets, necessários aos processos de normalização das bandas TM3 (vermelho) e TM4 (infravermelho próximo) do ano de 1987.

$$S' = S.\text{ganho} + \text{offset} \tag{1}$$

$$\text{ganho} = \sqrt{\frac{\sigma^2_R}{\sigma^2_S}} \tag{2}$$

$$\text{Offset} = \mu_R - \sqrt{\frac{\sigma^2_R}{\sigma^2_S}} \cdot \mu_S \tag{3}$$

Em que:

S' : Imagem uniformizada

S : Imagem de ajuste

$\sigma^2_R$  : Variância da imagem de referência

$\sigma^2_S$  : Variância da imagem de ajuste

$\mu_R$  : Média da imagem de referência

$\mu_S$  : Média da imagem de ajuste

O : fluxograma metodológico demonstrando os procedimentos aplicados para as correções geométricas e radiométricas das imagens do satélite LANDSAT 5 TM utilizado no estudo podem ser observados na figura 2.

## 2.5 Metodologia

### 2.5.1 Determinação do RVI – Índice de Relação da Vegetação

O RVI é descrito por uma equação computacional simples, sendo calculado pela divisão da reflectância entre as faixas das bandas RED (vermelha/TM<sub>3</sub>) e NIR (infravermelha próxima/TM<sub>4</sub>) conforme a equação 4.

$$RVI = \frac{RED}{NIR} \quad (4)$$

### 2.5.2 Determinação do NDVI – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

O NDVI, apresentado por Rouse *et al.* (1974), foi utilizado como o indicador padrão da dinâmica vegetal, servindo como base na comparação com os outros índices de vegetação no processo de análise temporal do desmatamento na área do horto florestal, a partir dessa análise foram delimitadas as seguintes classes de áreas: 1- Ocorreu a regeneração da vege-

tação; 2- Não houve mudança; 3- Ocorreu desmatamento para o período de 1987 e 2010.

O NDVI é calculado pela diferença de reflectância entre a faixa de NIR (reflectância da faixa de infravermelho próximo) e RED (reflectância da faixa do vermelho). Essa diferença é normalizada pela divisão da soma das faixas de NIR e RED (equação 5).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (5)$$

Em que:

NIR : Banda correspondente ao infravermelho próximo

RED : Banda correspondente ao vermelho

Segundo Poelking *et al.* (2007) a reflectância tem valor baixo na região da luz visível, devido à presença de clorofila na vegetação que absorve a radiação solar ao realizar a fotossíntese e alto valor no infravermelho próximo, graças à baixa absorção desses comprimentos de onda pelos tecidos das folhas. Quando ocorre o estresse hídrico a cobertura vegetal tende a absorver menos a radiação solar, aumentando sua reflectância no espectro visível e a absorver mais no infravermelho próximo. A figura 3 abaixo ilustra a diferença entre as reflectâncias nesses comprimentos de ondas.

### 2.5.3 Determinação do NRVI – Índice de Relação da Diferença de Vegetação

O índice NRVI é semelhante ao índice RVI, porém modificado para a obtenção de resultado por meio do RVI -1 normalizado com RVI +1, visando uma redução

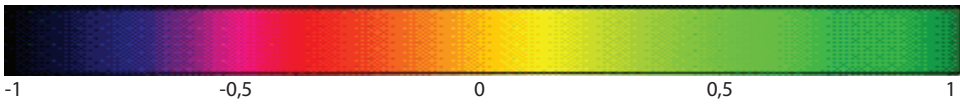


Figura 3. Valores da razão entre as bandas do Infravermelho e Vermelho (NDVI). Fonte: Poelking *et al.*, 2007

dos efeitos de iluminação topográfica, efeitos atmosféricos e criando uma distribuição normal estatisticamente desejável (equação 6).

$$NRVI = \frac{RVI - 1}{RVI + 1} \quad (6)$$

#### 2.5.4 Determinação do CTVI – Índice de Vegetação Transformado e Corrigido

A adição de uma constante de 0,5 e extração da à raiz quadrada do NDVI deu origem a um novo índice denominado de TVI (Índice de Vegetação Transformado), (Deering *et al.*, 1975). A adição desta constante tinha como finalidade transformar os valores obtidos por este índice em valores positivos e a extração da raiz quadrada é para introduzir uma distribuição normal aos valores resultantes (Santos *et al.*, 2010)

O CTVI, desenvolvido por Perry e Lautenschlager (1984, apud Eastman, 1998) pretende corrigir o TVI adicionando a constante de 0.50 para todos os valores NDVI, nem sempre eliminando todos os valores negativos de NDVI, podendo ter um alcance de -1 a +1. Valores menores que -0.50 tornam-se valores negativos menores depois da operação de adição. Assim, o CTVI é elaborado para resolver essa situação dividindo o NDVI + 0.50 por seu valor absoluto ABS (NDVI

+ 0.50) e multiplicando pela raiz quadrada do valor absoluto (SQRT[ABS(NDVI + 0.50)]); a adição de 0,50 tem a função de eliminar o sinal negativo no resultado final do índice, mostrado pela equação 7.

$$CTVI = \frac{(NDVI + 0,5)}{ABS(NDVI + 0,5)} * \sqrt{ABS(NDVI + 0,5)} \quad (7)$$

Em que:

ABS : Valor absoluto

#### 2.5.5 Determinação do SAVI – Índice de Vegetação Ajustado para o Solo

O SAVI foi o primeiro índice híbrido a ser desenvolvido e apresenta um ajuste para o solo em termos de densidade da vegetação (Oliveira *et al.*, 2007). Proposto por Huete (1988), possui a propriedade de minimizar os efeitos do solo de fundo no sinal espectral da vegetação ao incorporar uma constante de ajuste conhecida como fator L. Esta constante varia de acordo com as características de refletância do solo (calor e brilho) e também densidade da vegetação analisada. Para vegetação muito baixa é sugerido utilizar o fator L = 1.0, para vegetação intermediária L = 0,5 e para altas densidades L = 0,25. Por apresentar vegetação em estágio de regeneração em diversas áreas, o valor de L utilizado neste trabalho foi de 0,5. O SAVI é calculado conforme a equação 8.

$$SAVI = \frac{(NIR - R)}{L + NIR + R} * (1 + L) \quad (8)$$

Em que:

L : fator de ajuste

A análise temporal dos IV's será realizada por meio da subtração das imagens. As imagens geradas posteriormente a realização da análise temporal, serão reclassificadas em 3 classes conforme a tabela 2.

Tabela 2. Classificação das mudanças da cobertura vegetal

Classes	Intervalos
Desmatamento	Mín. a $\mu - \sigma$
Não mudança	$\mu - \sigma$ a $\mu + \sigma$
Regeneração	$\mu + \sigma$ a 255

Fonte: Adaptado de Ferrari *et al.*, 2011

Os procedimentos metodológicos envolvidos para a elaboração da análise temporal por meio dos cinco índices de vegetação utilizados podem ser observados no fluxograma metodológico figura 4.

### 3. Resultados e discussão

De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2010), os valores de NDVI variam de -1 a +1, assim os valores mais próximos de +1 relacionam-se as maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto que os menores valores, próximos de -1 representam as áreas com menor quantidade de vegetação, conforme ilustra a figura 5.

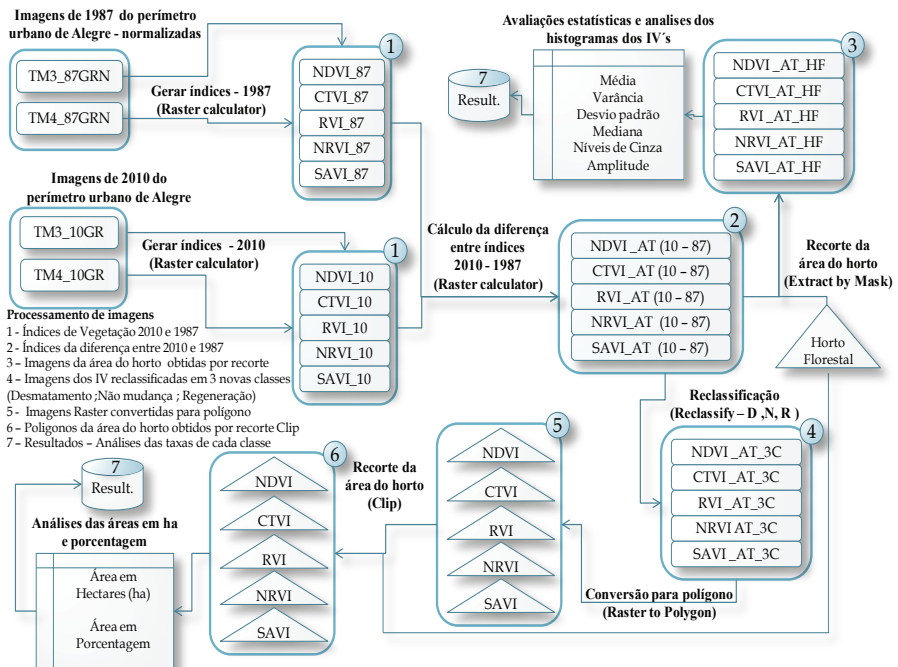


Figura 4. Fluxograma metodológico das análises temporais por meio dos índices de vegetação



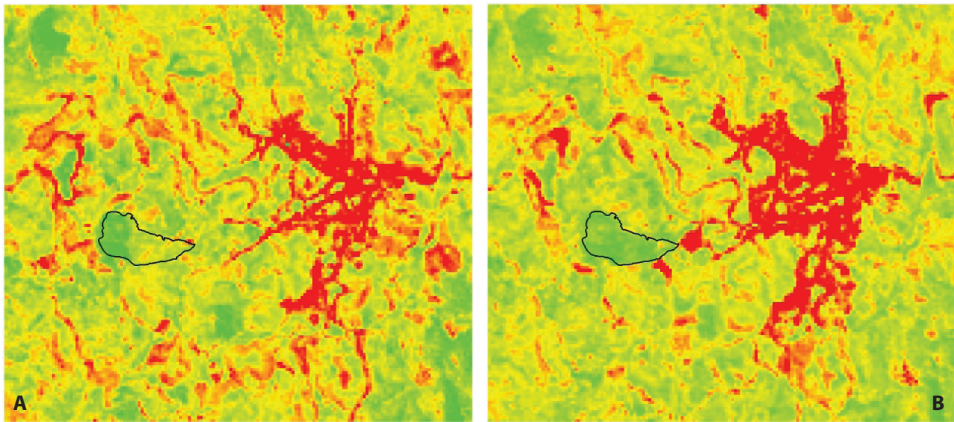


Figura 5. Imagem NDVI do município de Alegre: A) NDVI do ano de 1987; B) NDVI do ano de 2010

Os valores estatísticos como a média, variância e desvio padrão, utilizadas para a realização da análise descritiva dos índices de vegetação (IV's), bem como os níveis de cinza (DN) das imagens podem ser observados na tabela 3.

O IV deve ser escolhido em função dos seus indicadores estatísticos, pois quem apresenta a maior diferença entre os indicadores estatísticos, possui uma maior capacidade de discriminação dos alvos (Galvanin *et al.*, 2010).

Baseado nos indicadores estatísticos (Tabela 3), o SAVI, NDVI e o NRVI são os três IV's mais recomendados para a classificação das imagens, pois foram os que apresentaram os maiores valores de variância e desvio padrão. O SAVI apresentou variância de 0,0166 e desvio padrão de 0,1288, enquanto o NDVI e o NRVI apresentaram variância de 0,0074 e desvio padrão de 0,0863. Desta forma, estes três IV's são os que possuem a maior capacidade de discriminação dos

Tabela 3. Valores de média, variância, desvio padrão e DN para análise temporal por meio dos índices de vegetação

Índices de Vegetação	Média	Variância	Desvio Padrão	Níveis de Cinza		Amplitude
				Mín.	Máx.	
RVI	-0,0483	0,0046	0,0677	82	224	142
NDVI	0,0623	0,0074	0,0863	23	191	168
NRVI	-0,0623	0,0074	0,0863	64	232	168
CTVI	0,0296	0,0017	0,0411	25	184	159
SAVI	0,0927	0,0166	0,1288	23	191	168

Fonte: Elaboração própria

alvos da imagem e, por conseguinte, podem gerar as melhores classificações de tais imagens.

Por sua vez, CTVI foi o índice que apresentou a menor diferença estatística, com variância de 0,0017 e desvio padrão de 0,0411 (Tabela 3), sendo assim, o IV menos recomendado para a classificação das imagens, pois possui uma menor capacidade de distinção dos alvos quando comparado com o SAVI, NDVI e o NRVI.

Para Tanajura *et al.*, (2005), o Índice Vegetação deve ser escolhido em função dos níveis cinza da imagem gerada, devido ao fato da melhor distribuição dos níveis de cinza da imagem ser uma característica fundamental para a sua classificação, pois permitirá uma maior distinção entre os diferentes alvos existentes.

Desta forma, quanto maior for a amplitude entre os valores dos níveis de cinza de uma imagem, maior será a sua capacidade em distinguir os alvos e consequentemente, o índice utilizado para a geração desta imagem será o mais adequado para este tipo de classificação.

Analisando a tabela 3, pode-se observar que o NDVI foi um dos índices que apresentou a maior amplitude entre as classes de DN, comprovando a sua eficiência para a classificação dos alvos contidos na imagem. Este resultado corrobora com o resultado obtido por Oliveira *et al.* (2007).

O NRVI e o SAVI obtiveram resultados semelhantes ao do NDVI quanto aos níveis de cinza, pois apresentaram a mesma amplitude entre os DN, no entanto, os seus valores mínimos e máximos

foram diferentes (Tabela 3). Estes resultados indicam a possibilidade do uso destes dois índices sem que haja perdas de qualidade nos resultados obtidos.

A adequação do SAVI nestas condições de estudo, só foi possível devido à área ainda se encontrar em estado de regeneração e assim apresentar-se como uma floresta de densidade média. Resultados semelhantes foram obtidos por Demarchi *et al.* (2011) estudando a análise temporal do uso do solo por meio do SAVI e NDVI utilizando imagens do LANDSAT 5.

Já o CTVI e o RVI apresentaram os piores resultados entre os cinco índices analisados (Tabela 3). Estes resultados indicam que estes dois índices possuem uma menor capacidade de distinção entre os diferentes alvos quando comparados com o NDVI, NRVI e SAVI. Desta forma, os resultados obtidos por estes índices são menos confiáveis.

Os resultados encontrados pelo CTVI neste estudo, corroboram com os resultados obtidos por Oliveira *et al.* (2007) que estudando a variabilidade de índices de vegetação em imagens de LANDSAT 7, concluíram que o CTVI apresentou baixa correlação com os outros índices estudados.

Os resultados da análise temporal, ou seja, a quantificação das classes referentes às mudanças na cobertura vegetal dos cinco índices de vegetação estudados podem ser observados na tabela 4 e nas figuras 6, 6a, 6b, 6c e 6d.

Tomando o NDVI como o método padrão, pode-se dizer que o projeto de reflorestamento do 'Horto Florestal Mu-

**Tabela 4: Quantificação das classes de mudanças na cobertura vegetal pela análise temporal por meio dos índices de vegetação**

Classes (%)	Índices de Vegetação				
	RVI	NDVI	NRVI	CTVI	SAVI
Desmatamento	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Não Mudança	79,38	64,91	64,91	70,14	64,91
Regeneração	20,27	34,74	34,74	29,51	34,74
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Elaboração própria

nicipal Laerth Paiva Gama' está sendo bem executado e tem atingido resultados satisfatórios, pois analisando a tabela 4 e a figura 6 é possível observar que o horto apresenta 79,38% (22,18 ha) da sua área sem sofrer mudanças antrópicas e

34,74% (9,71 ha) da sua área encontra-se regenerada.

O NRVI e o SAVI apresentaram resultados idênticos ao do NDVI, sendo os seus valores para as três classes de estudo os mesmos (Tabela 4; Figuras 6a e 6b).

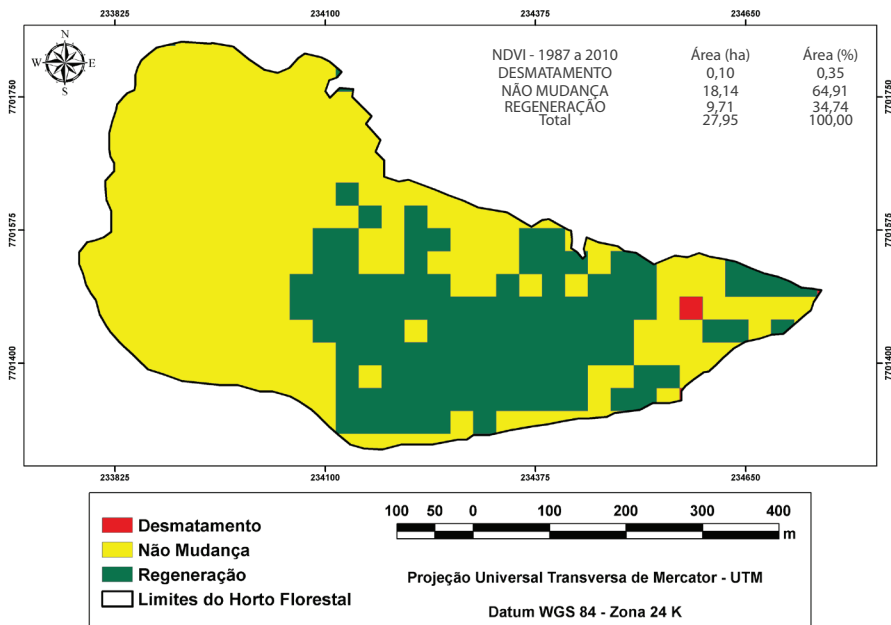


Figura 6. Mudanças da cobertura vegetal do 'Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama', por meio do NDVI. Fonte: Elaboração própria

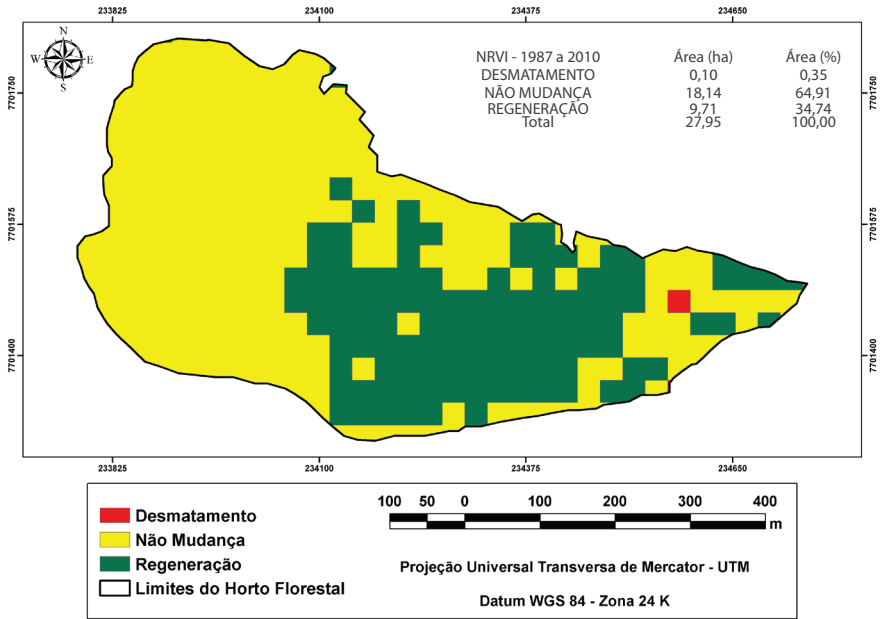


Figura 6a. Mudanças da cobertura vegetal do 'Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama', por meio do NRVI. Fonte: Elaboração própria

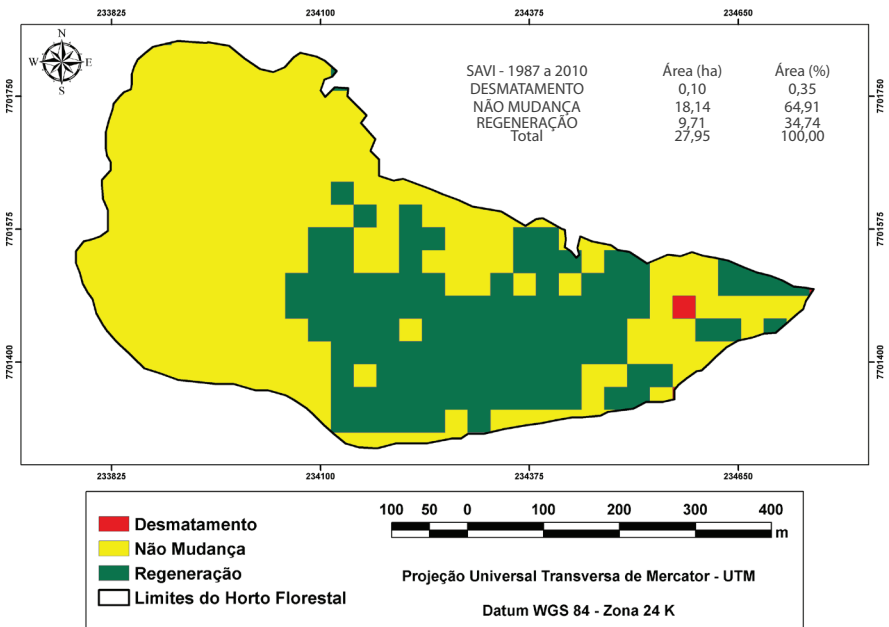


Figura 6b. Mudanças da cobertura vegetal do 'Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama', por meio do SAVI. Fonte: Elaboração própria

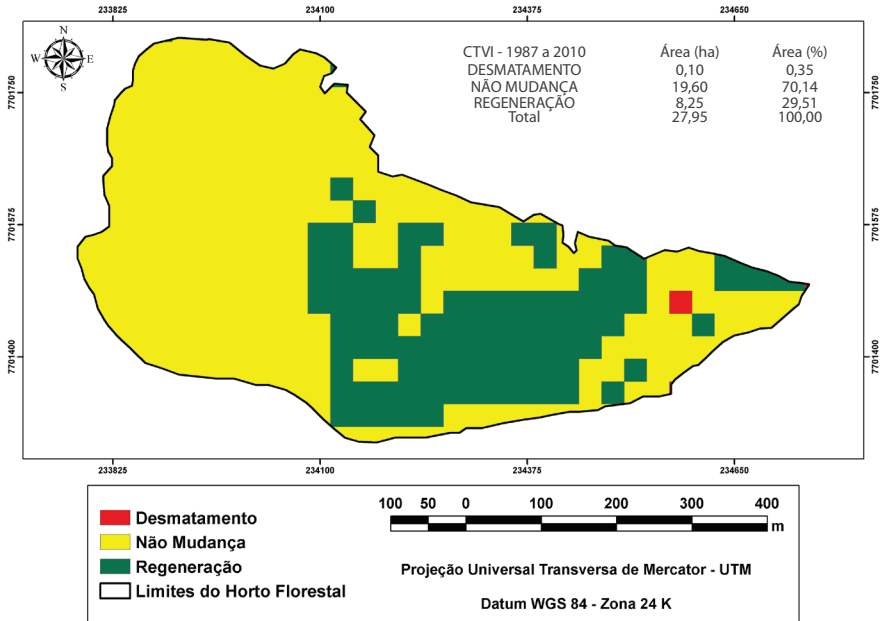


Figura 6c. Mudanças da cobertura vegetal do 'Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama', por meio do CTVI. Fonte: Elaboração própria

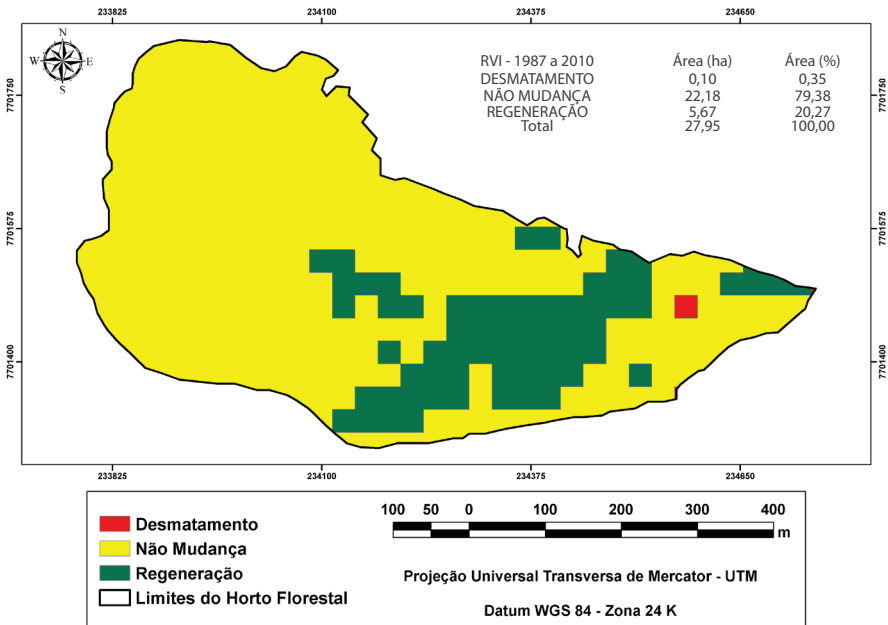


Figura 6d. Mudanças da cobertura vegetal do 'Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama', por meio do RVI. Fonte: Elaboração própria

Estes resultados comprovam a possibilidade do uso destes três índices para a condição de estudo e demonstram que a análise pelos níveis de cinza é tão eficaz quanto à análise por meio da estatística descritiva.

O CTVI e o RVI foram os índices de vegetação que apresentaram os piores resultados quando comparados com o NDVI (Tabela 4; Figuras 6d e 6e).

Este resultado não satisfatório encontrado pelo RVI já era esperado, pois este método é muito simples, constituindo-se apenas da razão entre as bandas do RED pelo NIR.

O CTVI apresentou resultados não satisfatórios em todas as avaliações, ou seja, analisando-se os parâmetros estatísticos, DN e comparação das suas classes com a do NDVI. Estes resultados comprovam que não se pode confiar nos dados gerados por meio deste método.

#### 4. Conclusões

Nas condições em que o estudo foi realizado e analisando-se os resultados obtidos, podem-se apresentar as seguintes conclusões:

1. O NDVI é o método padrão dos índices de vegetação, pois foi um dos métodos que apresentou os melhores resultados mediante ao estudo realizado;
2. O projeto de reflorestamento do horto foi bem projetado e está sendo bem executado;
3. O NRVI e o SAVI podem ser utilizados para a análise temporal de projetos de

reflorestamento, pois apresentaram resultados idênticos ao do NDVI;

4. O CTVI não é indicado para a análise temporal de projetos de reflorestamento, pois apresentou os piores resultados em todas as avaliações realizadas;
5. As avaliações dos índices de vegetação podem ser feitas tanto pela análise estatística descritiva dos dados quanto pela comparação dos níveis de cinza das imagens.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudo.

#### 6. Referências citadas

- CRÓSTA, A. P. 1992. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Ed. IG/UNICAMP ed. rev. São Paulo-Brasil. 170 p.
- DEERING, D. W.; ROUSE, J. W.; HAAS, R. H. & J. A. SCHELL. 1975. Measuring 'forage production' of grazing units from LandsatMSS data. *Proceeding of the Tenth International Symposium on Remote Sensing of the Environment*. 1169-1975. Michigan-USA.
- DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L. e C. R. L. ZIMBACK. 2011. *Análise temporal do uso do solo e comparação entre os Índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP usando imagens LANDSAT-5*. **Raega**. 21: 234-271.

- EASTMAN, J. R. 1998. **Idrisi for Windows. Manual do usuário**. Trad. HASENACK, H.; WEBER, E. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Recursos Idrisi. Brasil.
- FERRARI, J. L.; SANTOS, A. R. e R. F. GARCIA. 2011. *Análise da vegetação por meio da subtração de imagem NDVI na sub-bacia hidrográfica do córrego do horizonte, Alegre, ES. Engenharia Ambiental*, 8(3): 3-18.
- FLORENZANO, T. G. 2002. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. Oficina de Textos. São Paulo-Brasil. 97 p.
- GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J. e P. H. H. JESUS. 2010. Avaliação dos índices de vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de ambientes do Pantanal de Cáceres - Mato Grosso, Brasil. *3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*. 401-413. Mato Grosso-Brasil. (16-20 de outubro).
- GAZETA SUL. 2009. *Um refúgio verde dentro de Alegre. Gazeta on-line* (de 11/05/2009). Disponível em: <[http://gazetaonline.globo.com/\\_conteudo/2009/05/86209](http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2009/05/86209)>. [Acesso em: 02/12/2011].
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LANDSAT-TM5. São José dos Campos. 2011. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>>. [Acesso em: 02 dez. 2011].
- HUETE, A. R. 1988. *A soil adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing Environment*. 25(1): 53-69.
- LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A. e A. C. XAVIER. 2008. *Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre (ES). Revista Ciência Agrônômica*, 39(2): 327-332.
- MOREIRA, M. A. 2005. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Ed. UFV. 3ªed. Atual. ampl. Minas Gerais-Brasil. 208 p.
- NOVO, E. M. L. M. 1989. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Ed. Edgard Blücher. São Paulo-Brasil. 308 p.
- OLIVEIRA, L. G. L.; PEREIRA, L. M.; PEREIRA, G.; MORAES, E. C. e E. E. MAEDA. 2007. Estudo da variabilidade de índices de vegetação através de imagens do ETM+/LANDSAT 7. *XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 5995-6002. Santa Catarina-Brasil. (21-26 de abril).
- POELKING, E. L.; LAUERMANN, A. e R. S. D. DALMOLIN. 2007. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. *XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 4145-4150. Santa Catarina-Brasil. (21-26 de abril).
- PONZONI, F. J. e Y. E. SHIMABUKURO. 2007. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Parêntese Editora. (1 ed.). São Paulo-Brasil. 144 p.
- PONZONI, F. J. e Y. E. SHIMABUKURO. 2010. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Parêntese Editora. São Paulo-Brasil. 127 p.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A. & D. W. DEERING. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third ERTS Symposium, Proceedings, NASA SP-351*. 309-317. Washington-USA.
- SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. de O. e N. S. SAITO. 2010. **SPRING 5.1.2 passo a passo: Aplicações Práticas**. CAUFES. Espírito Santo-Brasil. 153 p.
- TANAJURA, E. L. X.; ANTUNES, M. A. H. e M. S. UBERTI. 2005. Avaliação de índices de vegetação para a discriminação de alvos agrícolas em imagens de satélites. *XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 301-307. Goiás-Brasil (16-21 de abril).