

CAPÍTULO 5

ANÁLISE TEMPORAL DA DINÂMICA FLORESTAL POR MEIO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM UMA ÁREA REFLORESTADA NO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**Vagner Mauri Quinto
Ivo Augusto Lopes Magalhães
Moisés Savedra Omena
Flávio Eymard da Rocha Pena
Marlene Leiko Chiba
Alexandre Rosa dos Santos**

1 Introdução

A degradação ambiental pode resultar em redução da biomassa e da biodiversidade, em mudanças na qualidade e na disponibilidade de água. O equilíbrio ambiental é dependente, entre outros fatores, da cobertura vegetal que garante a proteção dos solos contra a erosão e da recarga dos lençóis freáticos. A retirada da vegetação pode causar sérios impactos, por isso o uso do sensoriamento remoto (SR) por meio dos índices de vegetação (IV) para avaliação das áreas florestadas passa a ser importante, pois diminuem a onerosidade do processo.

Segundo Florenzano (2002) os sistemas de sensoriamento remoto vêm se firmando como uma eficiente ferramenta para controle e análise de recursos naturais em geral, pois têm a capacidade de fazer o registro de dados da superfície e também da dinâmica da paisagem. Para Novo (1989) a periodicidade das imagens associadas às metodologias propostas permite que sejam feitas inferências e conclusões a cerca da superfície terrestre e dos alvos observados.

Dentre as diversas técnicas para análise e monitoramento temporal da vegetação, mais de 50 catalogadas (MOREIRA, 2003), o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*NDVI*) é o mais utilizado. Os valores do *NDVI* estão distribuídos entre 0 e 255 (8 bits/256 possibilidades), apresentados no intervalo de -1 a +1, sendo os tons mais claros relacionados aos maiores valores e os tons mais escuros, aos menores (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Conforme Ponzoni e Shimabukuro (2007) os dados de reflectância dos alvos podem ser transformados em índices de vegetação. Silva et al. (2009) mencionam que os índices de vegetação foram desenvolvidos com a finalidade de reduzir o número de

parâmetros presentes nas medidas multiespectrais, constituindo uma importante estratégia para o monitoramento das alterações, naturais ou não, nos ecossistemas.

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 florestal no horto municipal de Alegre, ES, referente aos anos de 1987 e 2010.

2 Metodologia

2.1 Localização e caracterização da área

A área deste estudo compreende o horto florestal municipal Laerth Paiva Gama, classificada como unidade de conservação (UC), localizada no município de Alegre, ES com unidade territorial de 27,7 ha, situado no bairro Clério Moulin, 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 (Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE) devido a suas características ambientais de floresta estacional semidecidual, com ecossistemas importantes, como brejo herbáceo na parte baixa 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, com inverno frio e seco, temperatura média de 23,1° C e precipitação anual média de 1.341 mm.

2.2 Material utilizado

Para a avaliação da dinâmica florestal ocorrida na vegetação do horto, foram utilizadas imagens do sensor *TM* do satélite *LANDSAT 5*, na composição falsa-cor (R3, G4 e B2), com resolução espacial de 30 m recobrimdo 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>.

O limite do Horto florestal foi vetorizado sobre uma imagem *GEOEYE* em composição falsa-cor, com escala constante de 1:1.500, delimitando a área de estudo.

Optou-se por utilizar o satélite *LANDSAT TM5*, pela alta diversidade temporal do seu catálogo de imagens, apresentando imagens gratuitas e atuais. 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.

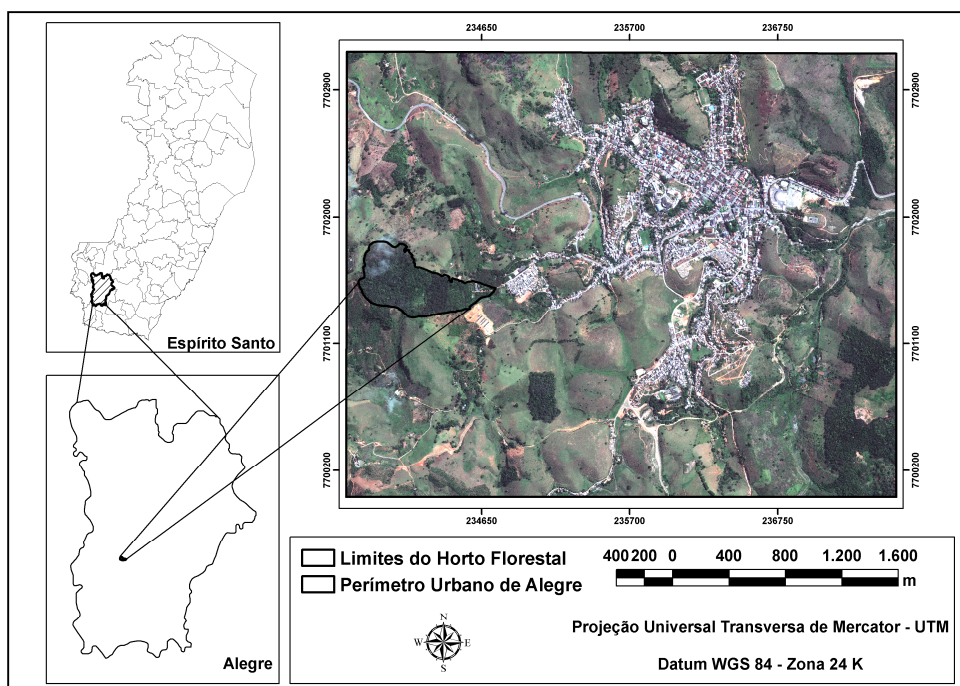


Figura 1. Localização do Horto Florestal no município de Alegre, ES.

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

Fonte: INPE (2011).

2.3 Processamento digital das imagens (PDI)

Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2010) as imagens advindas dos sensores remotos são eficazes para identificar e distinguir as características geométricas dos alvos, ou seja, são eficazes para se diferenciar os formatos dos objetos. 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).

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 e equilíbrio das cores e posteriormente foi realizado o georreferenciamento conforme a base única das Ortofotos do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), na projeção cartográfica sistema Universal Transversal de Mercator (UTM) e o *Datum* WGS-84 (Figura 2).

2.4 Normalização radiométrica

Para a realização da correção radiométrica das imagens adotou-se o método de uniformização das médias e variâncias (UMV), utilizando as imagens do ano de 2010 como referência. Nesse método, a uniformização das médias e variâncias será 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.

$$S' = S \cdot \text{ganho} + \text{offset} \quad (\text{eq.1})$$

$$\text{ganho} = \sqrt{\frac{\sigma^2_R}{\sigma^2_S}} \quad (\text{eq.2})$$

$$\text{Offset} = \mu_R - \sqrt{\frac{\sigma^2_R}{\sigma^2_S}} \cdot \mu_S \quad (\text{eq.3})$$

Em que,

S' : imagem uniformizada;

S : imagem de ajuste;

σ^2_R : variância da imagem de referência;

σ^2_S : variância da imagem de ajuste;

μ_R : média da imagem de referência e;

μ_S : média da imagem de ajuste.

O fluxograma metodológico demonstrando os procedimentos aplicados para as correções radiométricas e geométricas das imagens do satélite *LANDSAT 5 TM* podem ser observados na Figura 2.

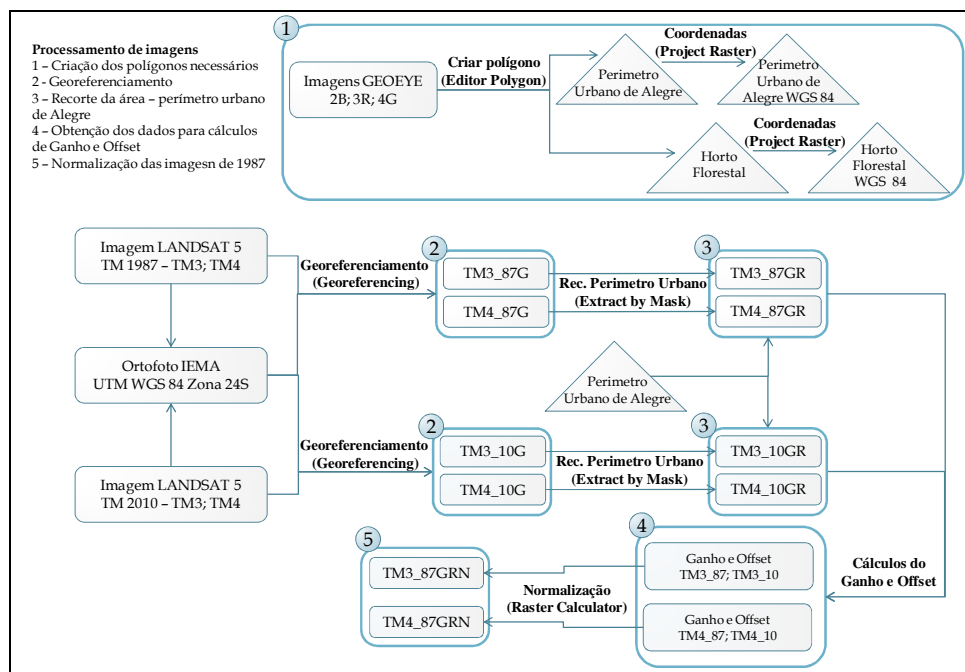


Figura 2. Fluxograma metodológico das correções geométricas e radiométricas das bandas espectrais das imagens *LANDSAT 5 TM* de 1987 e 2010.

2.5 Índices de Vegetação e análise temporal

2.5.1 Determinação do Índice de Relação da Vegetação (RVI)

O RVI é calculado pela divisão da reflectância entre as faixas das bandas *RED* (vermelha) e *NIR* (infravermelha próxima) conforme a equação 4.

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

Em que,

RED: banda correspondente ao vermelho e;

NIR : Banda correspondente ao infravermelho próximo.

2.5.2 Determinação do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI)

O *NDVI* apresentado por Rouse et al. (1973), foi utilizado como o indicador padrão da dinâmica vegetal, servindo como base na comparação com os outros IV's 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 vegetação; 2 - não houve mudança e; 3 - ocorreu desmatamento para o período de 1987 e 2010.

O *NDVI* é calculado pela diferença de reflectância entre a faixa de *NIR* pelo *RED*. Essa diferença é normalizada pela divisão da soma das faixas de *NIR* e *RED*, conforme equação 5.

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

2.5.3 Determinação do índice de relação da diferença de vegetação (NRVI)

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

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

2.5.4 Determinação do índice de vegetação transformado e corrigido (CTVI)

Segundo Deering et al. (1975) a adição de uma constante de 0,5 e extração da raiz quadrada do *NDVI* deu origem a um novo índice denominado de índice de vegetação transformado (*TVI*). Para Santos et al. (2010) a adição desta constante tinha como finalidade transformar os valores obtidos por esse índice em valores positivos e a

extração da raiz quadrada é para introduzir uma distribuição normal aos valores resultantes.

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.

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

Em que,

ABS : valor absoluto.

2.5.5 Determinação do índice de vegetação ajustado para o solo (*SAVI*)

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 reflectância do solo (calor e brilho) e também com a densidade da vegetação analisada. Para vegetação muito baixa, é sugerido utilizar *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.

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

Em que,

L: fator de ajuste.

2.5.6 Análise temporal dos índices de vegetação

A análise temporal dos IV's será realizada por meio da subtração das imagens, ou seja, será gerada uma imagem temática para cada índice de vegetação para os anos de 1987 e 2010, e posteriormente será realiza a subtração das imagens (ex.: $NDVI_{2010} - NDVI_{1987}$). 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 em desmatamento, não mudança e regeneração

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

Fonte: Adaptado de Ferrari, Santos e Garcia (2011).

Os procedimentos metodológicos desenvolvidos para a elaboração da análise temporal por meio dos cinco índices de vegetação utilizados podem ser observados no fluxograma da Figura 3.

3 Resultados e discussão

A análise descritiva dos IV's foi feita com base nos valores estatísticos como a média, variância e desvio padrão das imagens, tais valores podem ser observados na Tabela 3.

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

Índices de Vegetação	Média	Variância	Desvio Padrão
RVI	-0,0483	0,0046	0,0677
NDVI	0,0623	0,0074	0,0863
NRVI	-0,0623	0,0074	0,0863
CTVI	0,0296	0,0017	0,0411
SAVI	0,0927	0,0166	0,1288

Para GALVANIN et al., (2010) 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.

Analisando a Tabela 3 e baseando-se nos indicadores estatísticos, o *NDVI*, *NRVI* e o *SAVI* 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 *NDVI* e o *NRVI* apresentaram variância de 0,0074 e desvio padrão de 0,0863, enquanto o *SAVI* apresentou variância de 0,0166 e desvio padrão de 0,1288. Esses três *IV*'s são os que possuem a maior capacidade de discriminação dos alvos da imagem e, por conseguinte, podem gerar as melhores imagens temáticas da área estudada.

Por sua vez, o *RVI* e o *CTVI* foram os índices que apresentaram as menores diferenças estatística, com variância de 0,0046 e 0,0017 e desvio padrão de 0,0677 e 0,0411, respectivamente (Tabela 3), sendo assim, os *IV*'s menos recomendados para a classificação das imagens, pois possuem uma menor capacidade de distinção dos alvos quando comparados com o *NDVI*, *NRVI* e o *SAVI*.

Para Tanajura, Antunes e Uberti (2005) o índice de 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 conseqüentemente, o índice utilizado para a geração desta imagem será o mais adequado para este tipo de classificação.

Os valores dos níveis de cinza (*DN*) bem como a amplitude desses valores para cada *IV* analisado podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de níveis de cinza e amplitude para análise temporal por meio dos índices de vegetação

Índices de Vegetação	Níveis de Cinza		Amplitude
	Mínimo	Máximo	
<i>RVI</i>	82	224	142
<i>NDVI</i>	23	191	168
<i>NRVI</i>	64	232	168
<i>CTVI</i>	25	184	159
<i>SAVI</i>	23	191	168

Analisando a Tabela 4, 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. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2007).

O SAVI obteve resultado idêntico ao do NDVI quanto aos níveis de cinza, pois apresentaram a mesma amplitude e os mesmos valores mínimos e máximos. O SAVI só se adequou às condições de estudo devido à área ainda se encontrar em estado de regeneração e apresentar-se como uma floresta de densidade média. Resultados semelhantes foram obtidos por Demarchi, Piroli e Zimback (2011).

Já o NRVI apresentou resultado semelhante ao do NDVI e do SAVI entre os DN, pois apesar de ter apresentado o mesmo valor de amplitude, os seus valores mínimos e máximos foram diferentes (Tabela 4).

Estes resultados comprovam a possibilidade do uso destes três índices (NDVI, NRVI e SAVI) para a condição de estudo sem que haja perdas de qualidade nos resultados obtidos por meio dos mapas temáticos gerados e demonstram também que a análise pelos níveis de cinza é tão eficaz quanto a análise por meio da estatística descritiva.

Novamente o RVI e o CTVI, apresentaram os piores resultados entre os cinco índices analisados (Tabela 4). Esses resultados indicam que tais índices possuem uma menor capacidade de distinção entre os diferentes alvos quando comparados com o NDVI, NRVI e o SAVI. Desta forma, os resultados obtidos pelos índices em questão são menos confiáveis.

Os resultados encontrados pelo CTVI neste estudo corroboram com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2007).

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 5 e nas Figuras 4a, 4b, 4c, 4d e 4e.

Tabela 5. 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	
	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Desmatamento	0,35	0,10	0,35	0,10	0,35	0,10	0,35	0,10	0,35	0,10
Não Mudança	79,38	22,18	64,91	18,14	64,91	18,14	70,14	19,60	64,91	18,14
Regeneração	20,27	5,67	34,74	9,71	34,74	9,71	29,51	8,25	34,74	9,71
Total	100,0	27,95	100,0	27,95	100,0	27,95	100,0	27,95	100,0	27,95

Ao se analisar a Tabela 5, pode-se observar que todos os cinco IV's apresentaram a mesma área para a classe de desmatamento (0,10 ha), esse fato está relacionado a esta

classe ser muito pequena e localizada, ou seja, houve desmatamento apenas em um lugar do horto. Ao analisarmos as demais classes, podemos observar que, com o aumento da área e com uma maior distribuição da locação de cada classe, os IV's apresentam resultados diferentes.

Tomando o *NDVI* como o método padrão, pode-se dizer que o projeto de reflorestamento do horto está sendo bem executado e tem atingido resultados satisfatórios, pois analisando a Tabela 5, 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 mapa temático gerado pelo *NDVI* ilustrando as mudanças na cobertura vegetal do horto florestal entre os anos de 2010 e 1987 podem ser observadas na Figura 4a.

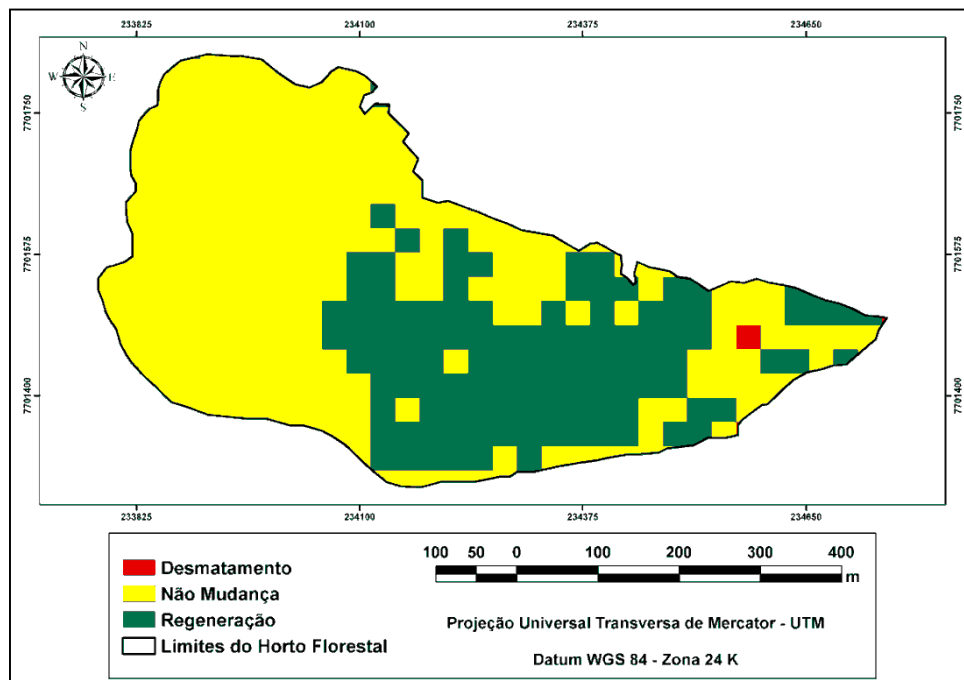


Figura 4a. Mudanças da cobertura vegetal do Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama, Alegre, ES por meio do *NDVI*.

O *NRVI* e o *SAVI* apresentaram resultados idênticos ao do *NDVI*, com 0,35% (0,10 ha) de desmatamento, 79,38% (22,18 ha) de não mudança e 34,74% (9,71 ha) de regeneração (Tabela 5). Esses resultados comprovam a possibilidade do uso destes dois índices para a condição de estudo.

O mapa temático gerado pelo *NRVI* e pelo *SAVI* ilustrando as mudanças na cobertura vegetal do horto florestal entre os anos de 2010 e 1987 podem ser observadas nas Figuras 4b e 4c, respectivamente.

O *RVI* e o *CTVI* foram os índices de vegetação que apresentaram os piores resultados quando comparados com o *NDVI*, *NRVI* e com o *SAVI* (Tabela 5; Figuras 4d e 4e).

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*. Esses resultados comprovam que não se pode confiar nos dados gerados por meio deste método.

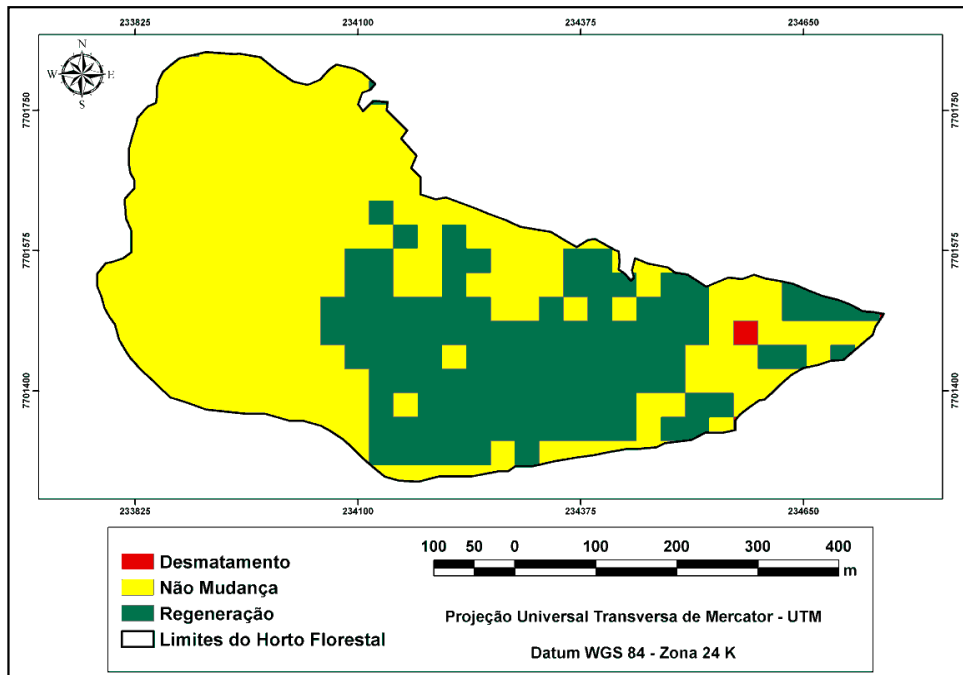


Figura 4b. Mudanças da cobertura vegetal do Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama, Alegre, ES por meio do *NRVI*.

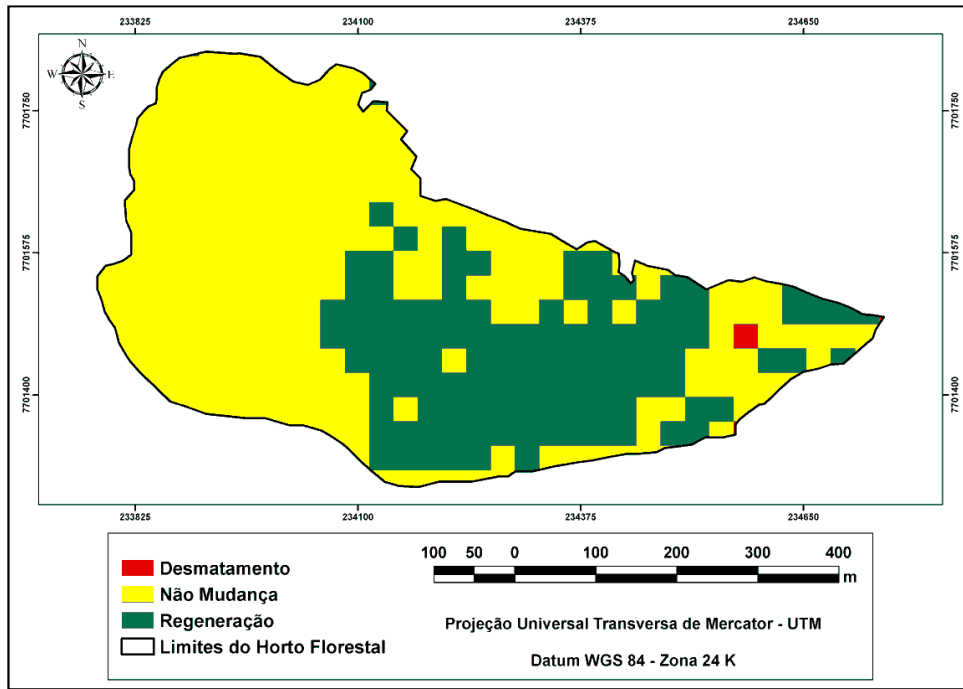


Figura 4c. Mudanças da cobertura vegetal do Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama, Alegre, ES por meio do SAVI.

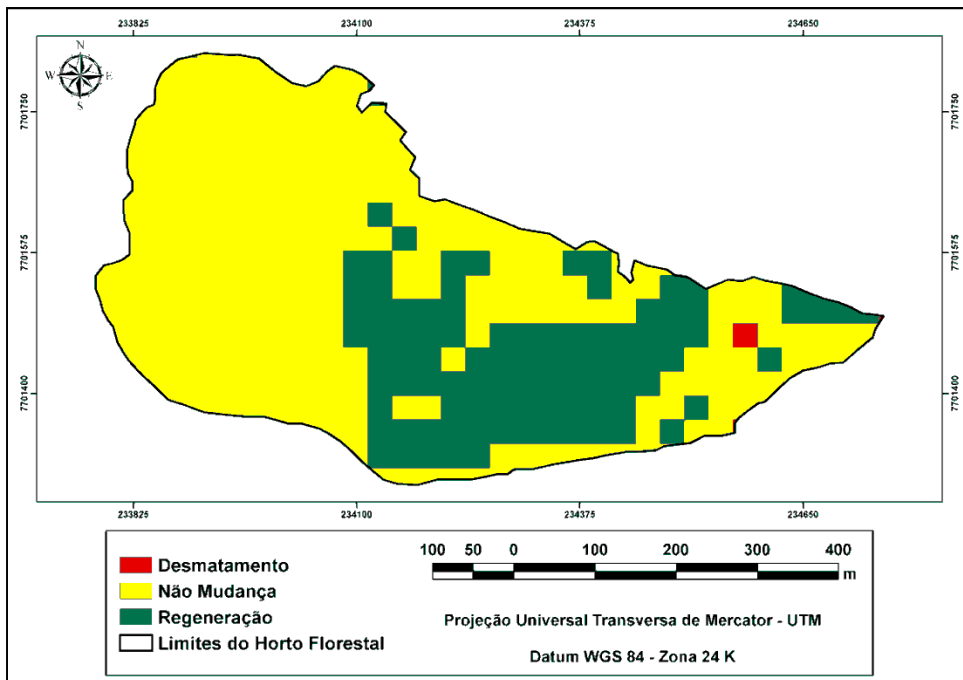


Figura 4d. Mudanças da cobertura vegetal do Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama, Alegre, ES por meio do RVI.

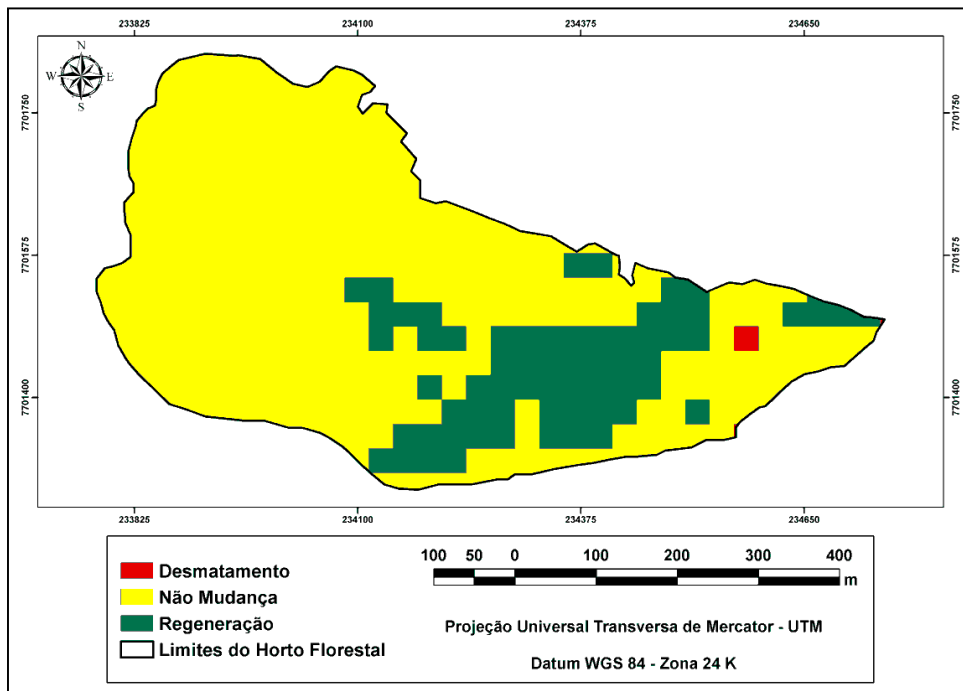


Figura 4e. Mudanças da cobertura vegetal do Horto Florestal Municipal Laerth Paiva Gama, Alegre, ES por meio do CTVI.

4 Conclusões

Nas condições em que os estudos foram conduzidos, a análise dos resultados permitiu-se apresentar as seguintes conclusões:

- 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.
- O projeto de reflorestamento do horto foi bem projetado e está sendo bem executado, visto que alcançou resultados satisfatórios;
- O *CTVI* não é indicado para a análise temporal de projetos de reflorestamento, pois apresentou os piores resultados nas avaliações realizadas por meio da estatística descritiva e dos níveis de cinza e;
- O *NRVI* e o *SAVI* podem ser utilizados para a análise temporal de projetos de reflorestamento, pois apresentaram resultados idênticos ao do *NDVI*.

5 Agradecimentos

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

6 Referências bibliográficas

- Crósta, A. P. 1992. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. São Paulo: IG/UNICAMP ed. rev., 1992. 170 p.
- Deering, D. W.; Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A. Measuring “ forage production” of grazing units from LandsatMSS data. In: **Proceeding of the Tenth International Symposium on Remote Sensing of the Environment**, 10, 1975. Michigan-USA. 1169-1975.
- Demarchi, J. C.; Piroli, E. L.; Zimback, C. R. L. 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**. v. 21. p. 234-271. 2011.
- EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows. Manual do usuário**. Trad. HASENACK, H.; WEBER, E. Porto Alegre: UFRGS, 1998. Centro de Recursos Idrisi, Brasil.
- Ferrari, J. L.; Santos, A. R. dos; Garcia, R. F. Análise da vegetação por meio da subtração de imagem NDVI na sub-bacia hidrográfica do córrego do horizonte, Alegre, ES. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 003-018. 2011.
- Florenzano, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.
- Galvanin, E. A. S.; Neves, S. M. A. S.; Cruz, C. B. M.; Neves, R. J.; Jesus, P. H. H. Avaliação dos índices de vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de ambientes do Pantanal de Cáceres - Mato Grosso, Brasil. **Anais ... Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 3, 2010. Mato Grosso. 401-413.
- Gazeta Sul. **Um refúgio verde dentro de Alegre, Gazeta on-line de 11/05/2009**. Disponível em: <http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2009/05/86209>. Acesso em: 02/12/2011.
- Huete, A. R. A. Soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.
- 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.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Minas Gerais: UFV. 3ªed. atual. ampl., 2003. 208 p. il.
- Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.
- Oliveira, L. G. L.; Pereira, L. M.; Pereira, G.; Moraes, E. C.; Maeda, E. E. Estudo da variabilidade de índices de vegetação através de imagens do ETM+/LANDSAT 7. **Anais... SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 3, 2007. Santa Catarina. 5995-6002.
- Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São Paulo: Parêntese Editora. 1 ed., 2007. 144 p.
- Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São Paulo: Parêntese Editora, 2010. 127 p.
- Rouse, J. W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Third ERTS Symposium, Proceedings**, NASA SP-351, 3, 1973. Washignton-USA. 309-317.
- Santos, A. R.; Peluzio, T. M. de O.; Saito, N. S. **SPRING 5.1.2 passo a passo: Aplicações Práticas**. Espírito Santo: CAUFES, 2010. 153 p. il.
- Silva, L.; Costa Filho, J. F., Lima, E. R. V.; Almeida, H. A. Análise do Albedo e do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) em uma Bacia Hidrográfica, usando o SEBAL – **Surface Energy Balance Algorithm for Land**; 2009.
- Tanajura, E. L. X.; Antunes, M. A. H.; Uberti, M. S. Avaliação de índices de vegetação para a discriminação de alvos agrícolas em imagens de satélites. **Anais... SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13, 2005. Goiás. 301-307.