

## **CAPÍTULO 4**

### ***EVOLUÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO DE MATA NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DE JETIBÁ***

**Hélio Carrero de Almeida Júnior  
Alexandre Rosa dos Santos  
Sérgio Lucena Mendes  
Fernando Coelho Eugenio  
Thiago de Oliveira Tuler**

#### **1 Introdução**

A Mata Atlântica se apresenta como um mosaico composto por poucas áreas relativamente extensas, principalmente nas regiões Sul e Sudeste (zonas núcleo de preservação, de acordo com o Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica), e uma porção bem maior composta de áreas em diversos estágios de degradação (GUATURA et al., 1996).

Atualmente, com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, observa-se um intenso processo de substituição das paisagens naturais por outros usos da terra. Essas interferências na paisagem convertem extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, causando problemas ao meio ambiente e, em muitos casos, afetando a disponibilidade e a qualidade de recursos naturais importantes à população de todas as regiões do mundo (VALENTE, 2001). Assim, os fragmentos florestais de diversos tamanhos e formas, assumem fundamental importância para a perenidade do bioma Mata Atlântica.

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que obtém medidas de um objeto “sem tocá-lo” fisicamente e oferece um vasto arsenal de produtos característicos por imagens de diferentes resoluções espaciais e espectrais. O Processamento Digital de Imagens (PDI) é um conjunto de técnicas que tem como objetivos principais remover os vários tipos de degradações e distorções inerentes aos processos de aquisição, transmissão e visualização das imagens coletadas, facilitando a extração de informações (CRÓSTA, 1992).

Tentando aprimorar as classificações automáticas das imagens de satélite, alguns trabalhos procuraram considerar elementos adicionais ao valor radiométrico do próprio *pixel*, como por exemplo, o contexto de inserção (vizinhança), visando com isso melhorar a fidelidade dos mapeamentos. A introdução de novos elementos aos processos automáticos de classificação de imagens de satélite tem por objetivo aproximar este tipo

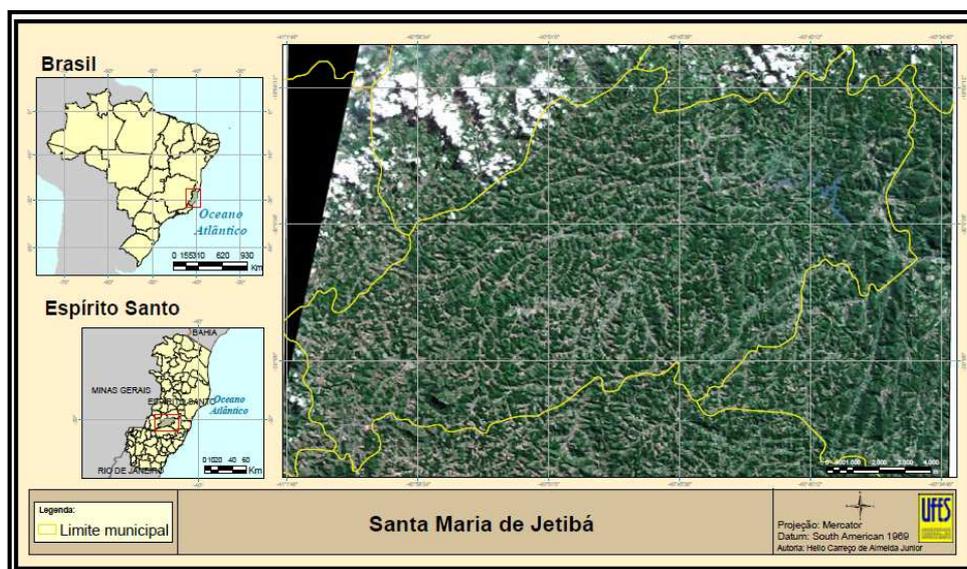
de classificação à interpretação analógica, onde muito do conhecimento e experiência do próprio autor é levado em consideração, eliminando, porém, as imprecisões cometidas pelas limitações do olho humano (RYHERD e WOODCOCK, 1996).

O objetivo do presente trabalho foi o de realizar um estudo sobre a evolução da fragmentação da Mata Atlântica no município de Santa Maria de Jetibá, com o uso de fotografias aéreas, imagens de satélite e auxílio de programas de geotecnologia, de maneira a indicar qual o histórico da fragmentação florestal nos últimos 30 anos, além de constatar se houve incremento florestal ou desmatamento na região.

## 2 Metodologia

### 2.1 Localização e caracterização da área

A área de estudo compreende o município de Santa Maria de Jetibá, localizado na região Centro-Serrana do Estado do Espírito Santo, com sede nas coordenadas 20° 02'0,85" S e 40° 41'58,55" W (Figura 1).



**Figura 1. Localização da área de estudo.**

O município está situado na formação geomorfológica do Complexo Cristalino, com altitudes variando entre 600 a 1200 m, situado no domínio fitogeográfico de Mata Atlântica Sub-Montana a Montana. É uma região que foi colonizada a partir do final do século XIX por imigrantes europeus oriundos, principalmente, da antiga Pomerânia, que implantaram um sistema agrícola de pequenas propriedades rurais, desenvolvendo a agricultura familiar.

O relevo de Santa Maria de Jetibá apresenta-se de forma montanhosa a fortemente ondulado, com altitudes oscilando entre 350 m, na região chamada Suíça, a 1.462 m, no distrito de Garrafão. A Sede está a uma altitude média de 710 m. De acordo com a classificação de Köppen, verifica-se que o Município de Santa Maria de Jetibá enquadra-se dentro dos tipos climáticos Cf, e Cw, com variações entre Cfa, Cfb e Cwa.

A formação florestal dominante do município enquadra-se como floresta perenifólia densa, com sub-bosques densos; formação higrófila e ombrófila, com árvores de 20 a 30 m de altura e diâmetros variáveis, sempre verdes durante o ano, ocorrendo em áreas praticamente sem estação seca marcante, com precipitações regulares. Distribui-se em lugares elevados com altitudes acima de 600 m. Nas áreas mais altas, há ocorrência de floresta sub perenifólia, sempre verde, decídua em parte. Ocorre em regiões com estação seca de 2 a 3 meses (déficit hídrico) e mais de 1.000 mm de precipitação pluviométrica total anual.

## **2.2 Classificação visual do mosaico de fotos aéreas**

A primeira tarefa desempenhada foi digitalizar as fotografias aéreas obtidas nos anos de 1970/71 que cobrem o município de Santa Maria de Jetibá. O número de fotografias necessárias para a cobertura de uma área de interesse deve atender aos requisitos de estereoscopia e outros. Uma cobertura aérea deve prever a superposição longitudinal entre fotos consecutivas que geralmente é da ordem de 60%. De maneira semelhante, entre faixas de fotos existe uma superposição lateral que é da ordem de 30%. Assim, a área de cobertura única (sem superposição) de uma fotografia aérea corresponderia ao produto da dimensão representativa de 40% do lado da foto no sentido longitudinal e 70% do lado da foto no sentido lateral.

O Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) cedeu 139 fotos para serem escaneadas. As fotos foram levadas para uma copiadora possuidora de scanner A3 profissional, o produto final da scanerização é um arquivo *raster*. O scanner mais indicado para digitalizar as fotos seria o tipo tambor, que minimiza bastante as distorções de borda; entretanto foi utilizado um scanner de mesa tamanho A3. Para melhor confiabilidade na análise das imagens, as mesmas foram digitalizadas com uma resolução de 900 dpi's.

É inerente a todo processo de captura de dados a existência de erros. Esses, podem existir nos dados originais ou derivados da interpretação das fontes primárias. Entretanto, é indispensável transformar todos os dados espaciais em formato digital, para que possam ser manipulados em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

Com todas as fotos digitalizadas, o próximo passo foi georeferenciá-las utilizando o programa *ERDAS Imagine 8.5*. Elas foram retificadas baseando-se em coordenadas UTM de uma imagem do satélite *LANDSAT* e de cartas topográficas da região, na escala de 1:50.000 (IBGE, 1975).

Esta etapa consistiu em coletar pontos de controle na imagem georeferenciada e correlacioná-los na foto a ser retificada, desta forma os pontos coletados nas duas imagens corresponderam ao mesmo local. A partir do terceiro ponto, o programa os interpolou de forma que os próximos a serem coletados mantiveram-se nos locais corretos necessitando apenas de pequenas alterações, ao mesmo tempo que calculou-se o erro operacional. A quantificação do erro operacional é feita utilizando-se o erro médio quadrático (*Root Mean Square – RMS*) no eixo das ordenadas e das abscissas e, por fim, o cálculo do RMS total será representado graficamente como a hipotenusa de um triângulo retângulo. O RMS permitido pode ser calculado segundo três perspectivas diferentes: a escala do mapa; a probabilidade de erro de um objetivo a ser alcançado e; ao produto final esperado. O RMS permitido requer que 90% de erros acidentais não devem ser maiores que 1,64% do RMS calculado, isto é, 1,64% desvio padrão, assumindo uma distribuição normal dos erros.

Em cada foto foram obtidos cerca de 20 pontos de controle, sendo o RMS inferior a 1,0 para assegurar a precisão do georeferenciamento. Feito isso, coletou-se uma nova amostra da imagem retificada, ou seja, gerou-se um novo arquivo georeferenciado na extensão do *.img*, seguindo o método estatístico *Bilinear Interpolation*.

Com as 139 fotos georeferenciadas, foi possível fazer um mosaico das mesmas. Aproveitando-se dos 60% de sobreposição, foram cortadas partes das bordas das fotos a fim de eliminar um pouco dos efeitos de distorção que costumam ocorrer. Para efetuar a junção das fotos, foram utilizadas as ferramentas de mosaico disponíveis no aplicativo computacional *ERDAS Imagine*.

Após a adição das fotos desejadas, foi possível escolher quais delas seriam mais indicadas a ficarem sobrepostas e qual o método a ser usado no processo de mosaicagem. No caso em questão, o mais indicado foi o método “*feather*”, ou seja, onde há sobreposição das fotos, ocorre uma espécie de alisamento que atenua as possíveis diferenças que podem ocorrer devido à distorção de borda. Desta forma, obteve-se o mosaico de fotos aéreas de 1970, cobrindo todo o município de Santa Maria de Jetibá.

Concluído o mosaico, a próxima etapa do plano de trabalho foi realizar a classificação do uso da terra com base nas fotografias aéreas em três categorias: mata em estágio médio e avançado de regeneração; mata em estágio inicial de regeneração e; área sem cobertura de mata nativa, como por exemplo: áreas utilizadas para agricultura; pastagens e; edificações, dentre outros tipos de uso da terra.

A classificação de objetos ou fenômenos foi feita pela escolha das características que os descrevem para diferenciá-los entre si. Na definição matemática, usa-se o espaço de atributos (*feature space*), que é essencial para se entender como funciona a classificação de imagens multiespectrais. No processamento digital, a cada eixo desse espaço, são atribuídos os níveis de cinza de uma determinada banda espectral.

Utilizou-se o princípio de classificação supervisionada, o qual é baseado no uso de algoritmos para se determinar os *pixels* que representam valores de reflexão característicos para uma determinada classe, foi utilizada tal classificação, pois é a mais utilizada na análise quantitativa dos dados de sensoriamento remoto.

Foi feita uma prévia classificação supervisionada da imagem, entretanto os resultados obtidos não foram satisfatórios. O principal problema encontrado estava na diferença de contraste das fotos. Esta diferenciação de contrastes influi diretamente na classificação supervisionada, já que o classificador consegue calcular todos os níveis de cinza e frequências de ondas. Assim, se a imagem não mantém um padrão de cores em sua totalidade, as categorias de classes calculadas não correspondem à realidade.

Uma das soluções propostas seria fazer um tratamento avançado na imagem com programas específicos, com o intuito de uniformizar o padrão de cor. Entretanto, optou-se por fazer uma classificação visual da imagem das categorias propostas. Apesar de ser um processo mais demorado e trabalhoso, os resultados do mapeamento são bastante confiáveis.

Os critérios utilizados para mapear os fragmentos florestais separando-os em mata em estágio médio e avançado de regeneração, e mata em estágio inicial de regeneração, foram baseados na resolução CONAMA nº 34, de 7 de dezembro de 1994. Foram digitalizados todos os fragmentos florestais do município e divididos por atributo de acordo com a resolução do CONAMA.

### **2.3 Classificação supervisionada de imagem *LANDSAT*.**

Dando prosseguimento ao estudo, deu-se início a classificação de uma imagem de satélite recente quanto à presença e ausência de cobertura de mata nativa. A imagem utilizada foi a do satélite *LANDSAT ETM+*.

As imagens (ou cenas) *LANDSAT-TM* cobrem, cada uma, uma área de 185 x 185 km, equivalente a 28 segundos de dados. Os produtos digitais contêm todas as bandas. Cada banda representa a resposta do solo em certa faixa espectral, variando entre as bandas do azul e infravermelho termal, totalizando 7 bandas espectrais (SANTOS, PELUZIO e SAITO, 2010) (Tabela 1).

**Tabela 1. Tabela de faixas espectrais das bandas do satélite *LANDSAT***

<b>Banda</b>	<b>Faixa espectral</b>
1	0,45 a 0,52 $\mu\text{m}$ – azul
2	0,52 a 0,60 $\mu\text{m}$ – verde
3	0,63 a 0,69 $\mu\text{m}$ – vermelho
4	0,76 a 0,90 $\mu\text{m}$ - infravermelho próximo
5	1,55 a 1,75 $\mu\text{m}$ - infravermelho médio
6	10,4 a 12,5 $\mu\text{m}$ - infravermelho termal
7	2,08 a 2,35 $\mu\text{m}$ - infravermelho distante

A cena utilizada foi coletada em 01/05/2002, na órbita 216, ponto 074. Trata-se de uma fusão das Bandas 5R 4G 3B + PAN, com interpolação bilinear. As Bandas 3, 4 e 5 mostram mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde e rosa.

A utilização de mais de uma fonte de informações orbitais, muitas vezes pode auxiliar a detecção, identificação, delimitação e caracterização da cobertura vegetal, uma vez que diferentes horários de aquisição, ângulos de visada, resolução espectral e espacial dos satélites resultam em respostas distintas e muitas vezes complementares.

Iniciando o processo de classificação supervisionada da imagem, foram seguidos os seguintes passos, considerados essenciais:

a) Definição das classes: mata em estágio médio e avançado de regeneração e mata em estágio inicial de regeneração.

b) Escolha de amostras de treinamento para cada classe baseada no tamanho amostral, por meio da função binomial (CONGALTON, 1988; CONGALTON e GREEN, 1999; THOMPSON, 2002). A função utilizada para estimativa do número de pontos amostrais é apresentada na Equação 01:

$$n = \frac{\left( Z_{\alpha/2} \right)^2 p \cdot q}{E^2} \quad (\text{eq.1})$$

Em que,

$n$  . número total de elementos a serem amostrados;

$Z$  . distribuição normal padrão;

$\alpha$  . nível de significância;

$p$  . exatidão desejada;

$q \cdot (1-p)$ ;

$E$ , erro de amostragem.

c) Aplicação de um algoritmo de classificação em que todos os *pixels* são classificados conforme o método estatístico escolhido (por exemplo, Métodos do Paralelepípedo, da Mínima Distância, do Mapeador de ângulo espectral ("*SpectralAngleMapper*", SAM), da Máxima Verossimilhança).

A interpretação visual é limitada à observação de apenas três bandas, enquanto as classificações automáticas são aplicadas a qualquer número de bandas que se queira.

O classificador da distância de *Mahalanobis* é similar ao da distância mínima e usa estatísticas para cada classe, porém, ele supõe que a covariância das amostras são iguais. Portanto, é um classificador ainda mais rápido que o método de mínima distância. Dos métodos de classificação citados acima, O *ERDAS* dispõe de três: *MaximumLikelihood*; *MahalanobisDistance* e; *MinimumDistance*.

Como dito anteriormente, após a definição das classes conforme a imagem seria dividida, deu-se início a criação de assinaturas espectrais utilizando a caixa de diálogo *signature* editor do *ERDAS Imagine*. Este processo consiste na digitalização de polígonos nas áreas correspondentes as classes definidas.

Cabe lembrar que quanto maior for o número de assinaturas colhidas em toda área compreendida pela imagem, mais confiável será a classificação supervisionada, independente do método utilizado pelo classificador (BRITES, 1996). A estratégia de alimentar o classificador com as mais variadas formas de apresentação das classes temáticas foi responsável pelo índice de exatidão obtido. O classificador supervisionado utilizado possibilitou um aumento na fidelidade do mapeamento, uma vez que considerou cada amostra isoladamente para a constituição da nuvem de distribuição das classes temáticas, evitando assim a criação de nuvens com altos valores de dispersão em torno da média.

## **2.4 Classificação visual de imagem SPOT**

O trabalho inicial foi efetuar a correção geométrica da mesma, que consistiu em um processo semelhante ao explicado anteriormente com as fotografias aéreas. A imagem foi retificada baseando-se em coordenadas UTM de uma imagem do satélite *LANDSAT* e de cartas topográficas da região, na escala de 1:50.000 (IBGE, 1975). O georeferenciamento se deu pelo programa *ERDAS Imagine* e envolveu três etapas:

- a) Obtenção de coordenadas de pontos de controle terrestre.
- b) Interpolação espacial da imagem empregando os pontos de controle coletados para ajuste de equações polinomiais de primeira ordem (linear).
- c) Interpolação da intensidade de brilho utilizando o método do vizinho mais próximo, o qual não altera o valor de brilho dos *pixels*, evitando-se problemas relacionados à discriminação de feições terrestres em processos de classificação de imagem.

Concluída a correção geométrica da imagem, iniciou-se o processo de classificação supervisionada, com a coleta de assinaturas de classe para mata em estágio médio a avançado de regeneração e estágio inicial. Entretanto, os algoritmos de classificação supervisionada utilizados não mostraram resultados satisfatórios, o que não era esperado, por se tratar de uma imagem de alta resolução. Diante deste problema, fez-se necessário uma pesquisa aprofundada sobre o estado da arte em classificação de imagens de alta resolução e as técnicas utilizadas atualmente.

Com a recente disponibilidade de imagens de alta resolução produzidas por sensores orbitais como *IKONOS*, *SPOT* e *QUICKBIRD* tornou-se possível modelar com maior nível de detalhes características da cobertura da terra do que era possível com imagens de média ou baixa resolução. Imagens *SPOT*, por exemplo, têm *pixels* de 5 m por 5 m. Essa resolução é o suficiente para visualizar com detalhes, por exemplo, o teto de uma casa, árvores e estradas.

Nesse contexto, trabalhos podem ser desenvolvidos utilizando diferentes técnicas, automáticas ou não, de representação e interpretação em imagens de alta resolução. Essas técnicas envolvem não somente diferentes modelos de tratamento de dados, mas também englobam diferentes métodos de representação da informação relevante para a tarefa de interpretação, tais como os baseados em *pixel* (VILELA, 2002).

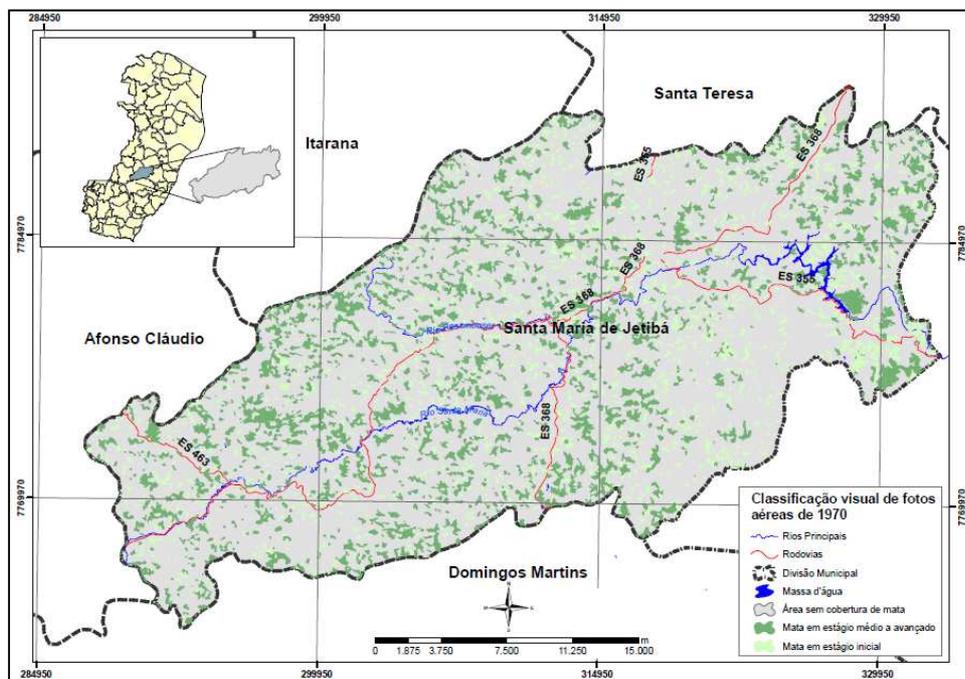
Por falta de um classificador que atendesse às especificações da imagem *SPOT*, a sua classificação foi efetuada por meio de interpretação visual com digitalização em tela das feições identificadas.

### **3 Resultados e discussão**

De posse das três classificações, para os anos de 1970, 2002 e 2005, foi possível contabilizar se houve incremento de mata ou desmatamento nos últimos 35 anos no município estudado. Os procedimentos de utilização de ferramentas de SIGs para tais análises estão descritos abaixo, juntamente com os resultados obtidos.

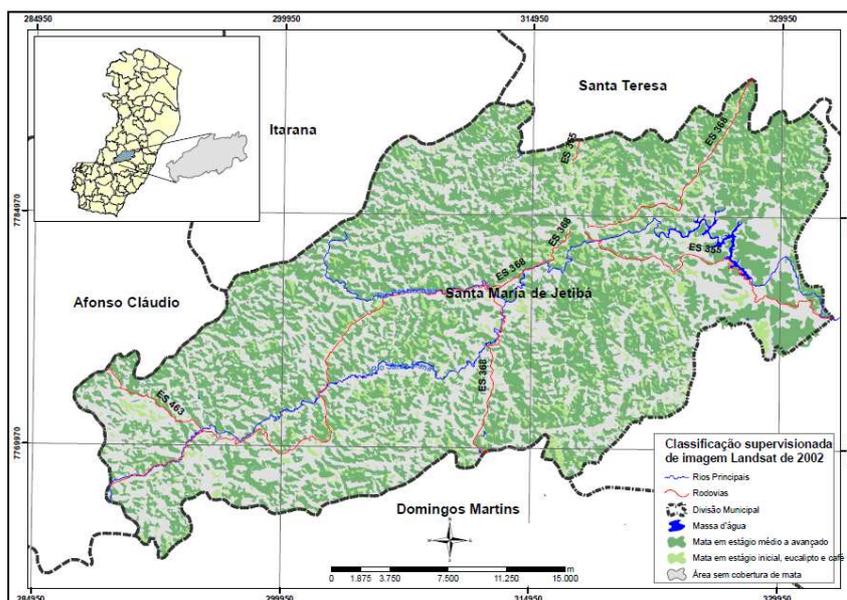
O aplicativo computacional de geotecnologia utilizado para a quantificação e mapeamento dos fragmentos florestais de Santa Maria de Jetibá foi o *ArcGIS 9.0*. Foram

digitalizados todos os fragmentos florestais do município e divididos por atributo de acordo com a resolução do CONAMA. Desta forma, obteve-se um mapa contendo as categorias de estágio inicial de regeneração florestal e estágio médio a avançado de regeneração (Figura 2).



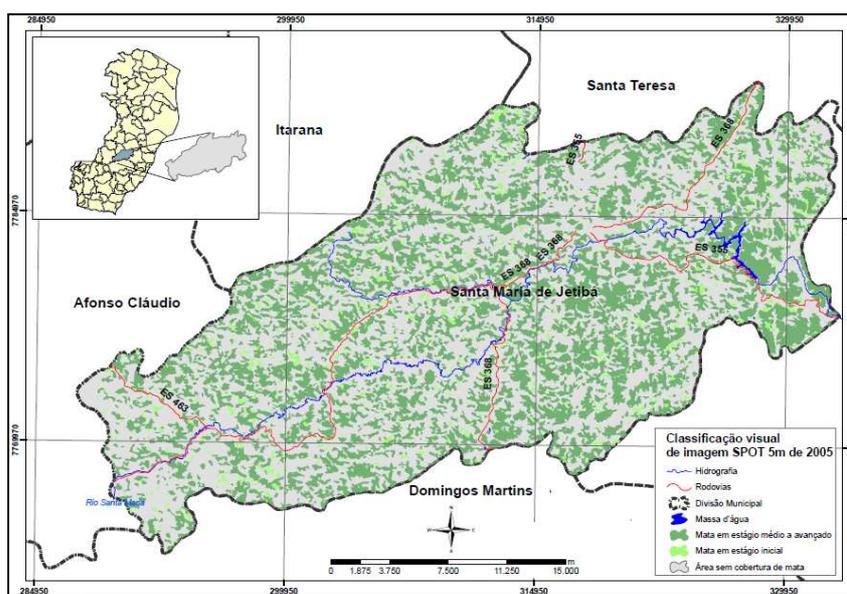
**Figura 2. Classificação visual do mosaico de fotos aéreas de 1970.**

Todos os algoritmos de classificação disponíveis no *ERDAS* foram testados nesta etapa do trabalho. Entretanto, o que melhor respondeu às expectativas foi o da Distância de *Mahalanobis*, apesar de também englobar, dentro da classe mata em estágio inicial, alguns tipos de cultivo como café e eucalipto (Figura 3).



**Figura 3. Classificação supervisionada de imagem LANDSAT de 2002.**

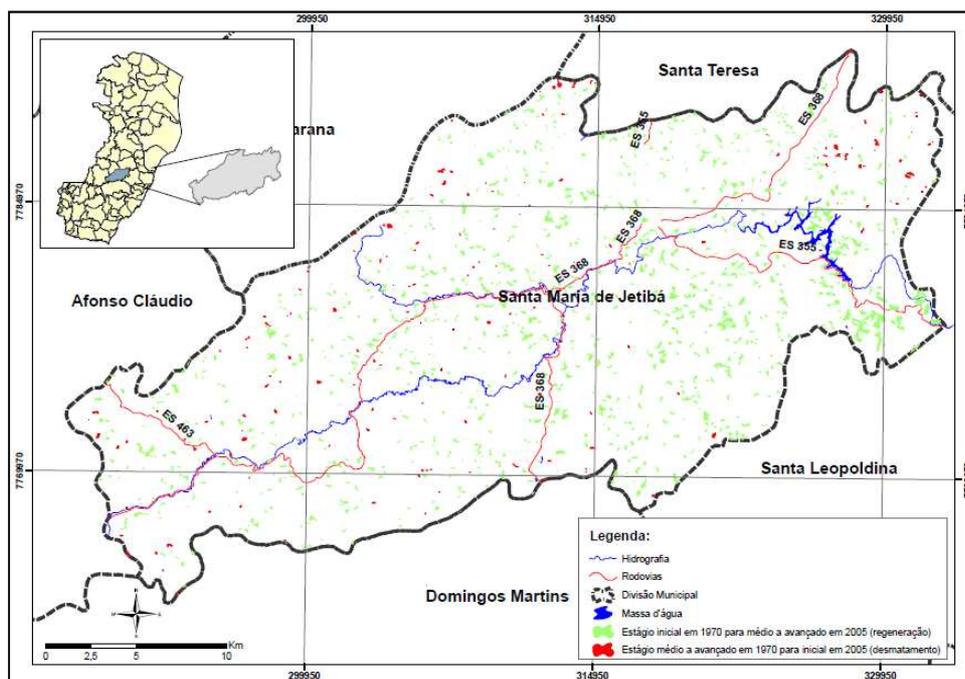
Apesar de a proposta de classificação supervisionada da imagem SPOT não ter sido realizada, a opção de fazer interpretação visual da mesma se tornou a mais viável pois assim pode-se, posteriormente, contabilizar incrementos e desmatamentos de floresta nativa, comparando a classificação visual das fotos aéreas de 1970, com a classificação da imagem SPOT de 2005, ou seja, classificações realizadas com metodologias idênticas e de elevado índice de exatidão, apesar da subjetividade do classificador (Figura 4).



**Figura 4. Classificação visual de imagem SPOT 5m de 2005.**

Após serem calculadas as áreas dos fragmentos para todas as classificações, identificou-se, primeiramente, as matas em estágio inicial de regeneração em 1970, que se tornaram em estágio médio a avançado atualmente, ou seja, áreas de regeneração. Para isso, em ambiente SIG, fez-se uma interseção dos polígonos correspondentes a estágio inicial em 1970, com os de estágio médio a avançado em 2005. O resultado desta operação culminou na geração de polígonos correspondentes às áreas que se regeneraram. Semelhantemente a esta operação, para delimitar as matas em estágio médio a avançado em 1970, que se tornaram estágio inicial em 2005, efetuou-se uma interseção entre os fragmentos correspondentes resultando nas áreas desmatadas.

Curiosamente, verificou-se que nos últimos anos ocorreram mais incrementos de mata do que desmatamentos no município estudado. Aproximadamente 2459,80 ha de floresta nativa passaram de estágio inicial de regeneração em 1970, para estágio médio a avançado em 2005, enquanto 101,43 ha de mata foram cortadas passando de estágio médio a avançado em 1970, para estágio inicial em 2005 (Figura 5).

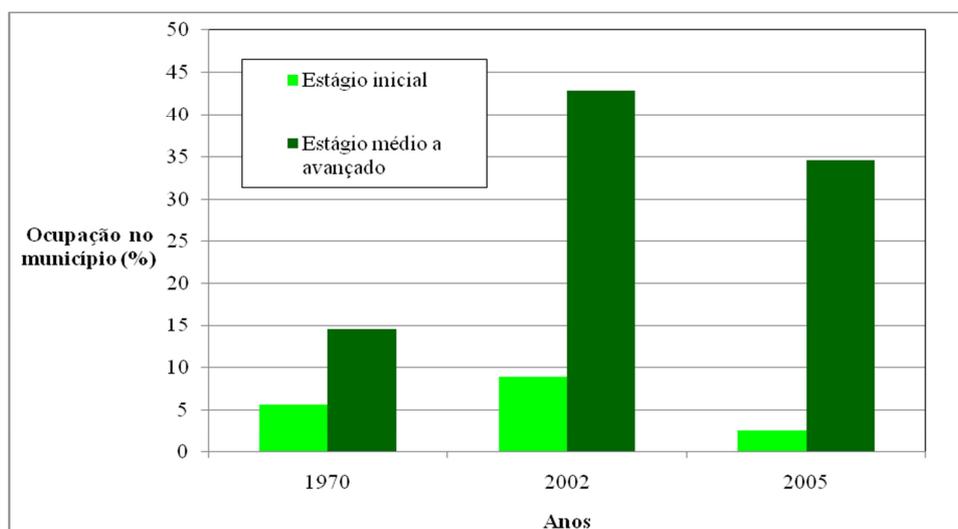


**Figura 5. Evolução temporal dos fragmentos florestais.**

Seguindo o raciocínio anterior, também foi possível identificar as áreas totais em que ocorreram regeneração e desmatamento no município. Assim, nesta análise, foram englobados tanto matas em estágio inicial e estágio médio a avançado de regeneração que sofreram alterações durante os últimos 35 anos.

Para geração dos fragmentos florestais que sofreram regeneração, em ambiente SIG fez-se uma interseção das áreas com ausência de cobertura florestal em 1970, com as áreas em que hoje possuem florestas. Já para identificação dos locais em que ocorreram desmatamentos, bastou fazer a interseção entre as áreas que não possuem fragmentos florestais atualmente com o que era floresta em 1970.

O resultado deste processo matemático mostrou os lugares em que ocorreram regeneração e decréscimos de mata, sendo possível também calcular os valores de área e porcentagem (Figura 6).



**Figura 6. Evolução da cobertura da vegetação no município de Santa Maria de Jetibá, ES, discriminada por estágio de regeneração da vegetação nativa.**

Cabe lembrar que foram contabilizados e comparados apenas os números adquiridos pelas classificações visuais de 1970 e 2005, posto que são frutos de metodologias idênticas. Assim, pode-se efetuar uma análise mais confiável sobre a evolução dos fragmentos florestais em Santa Maria de Jetibá. Apesar da classificação supervisionada de 2002, ter apresentado dados satisfatórios, tendo em vista as limitações de uma imagem de baixa resolução espacial e ao fato da região de estudo ser montanhosa, ocasionando sombra excessiva, pela aferição de campo considerou-se que os resultados superestimaram alguns valores, já que a classificação automática incorporou aos *pixels* de mata em estágio inicial áreas de plantação de café, por exemplo.

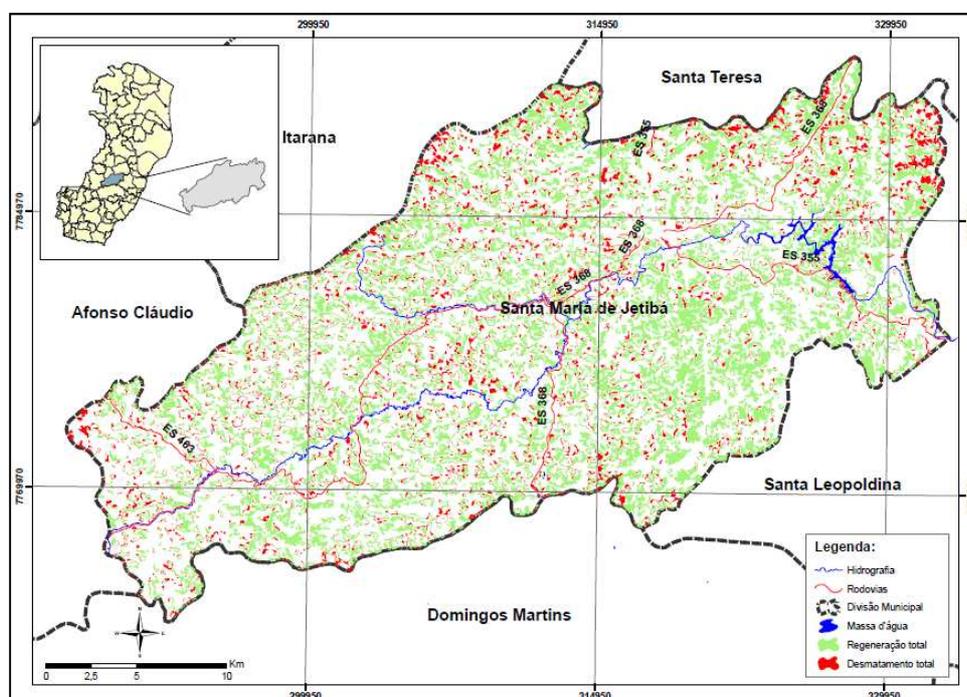
E as assinaturas correspondentes a mata em estágio médio a avançado de regeneração englobaram, devido a dificuldade encontrada para a correta distinção, algumas áreas de ocorrência de eucalipto e outras de plantações de café com a de

vegetação nativa, o que aumentou excessivamente o tamanho dos fragmentos florestais do município e conseqüentemente sua ocupação (Tabela 2).

**Tabela 2. Evolução da cobertura florestal nos períodos estudados**

ANO	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
1970	148,2	18,5
2002	381,2	47,5
2005	273,7	34,0
<b>TOTAL</b>	<b>803,1</b>	<b>100,0</b>

Mais uma vez, verificou-se que ocorreu um aumento bastante expressivo das áreas de floresta em Santa Maria de Jetibá. Os cálculos mostraram que o município possuía 106,81 km<sup>2</sup> de mata em estágio médio a avançado e 41,42 km<sup>2</sup> de mata em estágio inicial no ano de 1970, ocupando cerca de 20,13% do território. Esses números, em 2005, passaram para 254,31 km<sup>2</sup> de mata em estágio médio a avançado e 19,34 km<sup>2</sup> de mata em estágio inicial, totalizando cerca de 37,17% de ocupação do município estudado. Diante desses números, constatou-se que houve um incremento de 17,04% nas florestas de Santa Maria (Figura 7).



**Figura 7. Regeneração e desmatamento totais ocorridos nos últimos 35 anos.**

Apesar de estarem disponíveis várias estratégias para a classificação de imagens orbitais, não existe, ainda, uma metodologia capaz de gerar produtos com precisão compatíveis com as requeridas para esse tipo de estimativa (VIEIRA et al., 1998, 2000).

Para aplicações práticas, é essencial que o sistema de classificação seja robusto (isso é, possa ser facilmente extrapolável para outras áreas e situações). Assim, pesquisas devem buscar métodos alternativos para alcançar melhores performances no processo de classificação.

Considerando a problemática apresentada, dois objetivos gerais podem ser considerados para desenvolver futuras pesquisas neste tópico:

- Desenvolver uma metodologia eficiente para classificar o uso da terra, levando em consideração o aspecto multitemporal, multisensor e mutiespectral das imagens proveniente do sensoriamento remoto, e realizar uma investigação do custo absoluto (tempo de processamento) e relativo (melhoria na precisão) envolvido na incorporação da dimensão temporal no processo de classificação.
- Usar vários algoritmos, tais como: verossimilhança (*maximumlikelihood*), regra da mínima distância euclidiana e redes neurais artificiais, bem como combiná-los com o intuito de melhorar a precisão da classificação. Deve-se explorar as bases teóricas sobre as quais cada uma dessas técnicas estão baseadas.
- Considerando a grande importância das informações provenientes do sensoriamento remoto para avaliação e monitoramento dos recursos naturais, pesquisas devem ser desenvolvidas para a determinação de sua confiabilidade e potencial utilização.

Um grande número de metodologias têm sido desenvolvidas para a classificação (ou identificação) automática das imagens oriundas do sensoriamento remoto (VIEIRA e MATHER, 2000). Os procedimentos, atualmente em uso, baseiam-se na simples investigação da característica radiométrica do *pixel* (análise multispectral), sem considerar a possível transformação dessas características no tempo (análise multitemporal) e no espaço (textura). Estes métodos tradicionais implicitamente assumem que, para a sub-classe vegetação, o estágio fenológico de crescimento é o mesmo num dado momento.

Contudo, mesmo considerando uma área homogênea, essa suposição não é válida, devido aos diferentes tempos de plantio, diferentes tipos de solo e condições climáticas. E isso faz com que a distribuição de probabilidades não seja unimodal, o que pode ser um fator limitante para alcançar alta precisão na classificação usando os métodos estatísticos tradicionais.

## 4 Conclusões

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se inferir que:

- Com as classificações foi possível fazer comparações, analisando e identificando em cada período, desmatamentos e incrementos de floresta nativa.
- O processo de segmentação e classificação supervisionada de imagens do satélite *LANDSAT-TM*, disponível no *ERDAS Imagine 8.5*, mostrou ser eficiente para mapeamentos na escala de 1:50.000.
- Houve incremento de mata bastante expressivo, se comparado aos desmatamentos.
- Entre os anos de 1970 e 2005 houve um incremento de 17,04% nas florestas nativas de Santa Maria de Jetibá.

## 5 Referências bibliográficas

Brites, R. S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens orbitais: efeitos de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão.** 1996. 101f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices.** New York: Lewis Publishers, 1999. 136 p.

CONGALTON, R.G. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 5, p. 593-600, 1988.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas, SP, IG/UNICAMP, 1992. 170p.

GUATURA, I. N.; CORRÊA, F.; COSTA, J. P. O. e AZEVEDO, P. U. E. **A questão fundiária: roteiro para a solução dos problemas fundiários nas áreas protegidas da Mata Atlântica.** Roteiro para a conservação de sua biodiversidade. Série Cadernos da Reserva da Biosfera, Caderno nº 1, 1996. 47p.

IBGE. **Dados históricos do Censo.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/dados>. 1975>.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2 : passo a passo : aplicações práticas.** Alegre, ES : CAUFES, 2010. 153p.

THOMPSON, S.K. **Sampling**, 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002. 343 p.

VIEIRA, C. A. O. AND MATHER, P. M. (2000) **A comparative study of multiple classifier combination methods in Remote Sensing.** In *Proceedings of the IC-AI'2000 International Conference*, Vol. I, Las Vegas, NV, USA, 26-29 June 2000, 39-46.

VALENTE, R.O.A. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP.2001.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VIEIRA, C. A. O. AND MATHER, P. M., AND MCCULLAGH, M. (2000) **The Spectral-Temporal Response Surface and its use in the multi-sensor, multi-temporal classification of agricultural crops.**In *ISPRS: IAPRS*, Vol. XXXIII, Part B2, Amsterdam, The Netherlands, 16-23 July 2000, 582-589.

VILELA, M. F **Integração de técnicas de geoprocessamento e levantamento participativo de informações socioambientais: um subsídio para a reforma agrária.** 2002. 135f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.