

Utilização de dados multitemporais para o projeto Atlas de Remanescentes Florestais de Mata Atlântica como subsídio ao mapeamento de florestas estacionais

Alessandra Rodrigues Gomes¹
Flávio Jorge Ponzoni¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Caixa postal 515 – 12201-970- - São José dos Campos – SP, Brasil
{agomes, flavio}@dsr.inpe.br

Abstract. This paper presents the methodology applied by Forest Remain of Mata Atlântica Atlas to map the Atlantic Forest, developed with INPE that uses TM-Landsat 5 and 7 images. In the Atlantic forest Domain, there is the seasonal semideciduous forest that can confuse the vegetation with other targets as agriculture and multi-temporal data can help on this.

Palavras-chave: remote sensing, multi-temporal data, seasonal semideciduous Forest, Forest Remain Atlas, sensoriamento remoto, dados multitemporais, florestas estacionais, Atlas de remanescentes florestais

1. Introdução

O projeto de mapeamento da Mata Atlântica, desenvolvido pela Fundação SOS Mata Atlântica passou a ser realizado mediante a interpretação de imagens de satélite Landsat-TM 5 ou 7 em formato digital, na escala 1:50.000, a partir de 1999, aliado a órgãos como IBAMA, INPE e empresas privadas. Com isso, foi possível mapear e identificar fragmentos florestais de no mínimo 10 hectares e observar também as diferentes tipologias vegetais encontradas na mata Atlântica.

Distribuída ao longo da costa atlântica do país, atingindo a região sudeste da Argentina e do Paraguai, a Mata Atlântica abrange cerca de 17 Estados (RS, SC, PR, SP, MS, RJ, MG, ES, GO, BA, AL, SE, PB, PE, RN, PI, CE), o que corresponde a 15% do território brasileiro, segundo com o Decreto Federal 750/93 e o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 1993; Fundação SOS/INPE, 2002). A distribuição espacial desse bioma inclui diferentes tipologias vegetais em toda sua extensão (Florestas Ombrófilas, Florestas Estacionais, Formações Pioneiras, Campos de Altitude, entre outras), incluindo aquelas com características fenológicas fortemente influenciadas por fatores climáticos e ambientais, descritos por Rizzini (1976), Ferraz et al. (1999) e Maria (2002).

Essa característica das formações estacionais dificulta a identificação de seus limites, comprometendo muitas vezes, a continuidade espacial de polígonos posicionados entre imagens adquiridas em períodos sazonais distintos já que o mapeamento da vegetação se fundamenta, segundo Fundação SOS/INPE (2002), na delimitação de padrões de formações arbóreas em diferentes estágios de desenvolvimento identificando, além das formações primárias, com pouca alteração ou essencialmente recuperadas, as formações secundárias em estágios médios e avançados de regeneração.

Este trabalho tem como objetivo exemplificar áreas onde as características fenológicas interferem no mapeamento preciso de feições florestais quando se utiliza imagens de satélite de diferentes datas e descreve como estas características vêm sendo tratadas para evitar possíveis erros em mapeamentos futuros.

2 – Área de Estudo

A área de estudo corresponde a uma carta topográfica na escala 1:250.000, MIR 397, situada ao norte do Estado de Minas Gerais, de acordo com a **Figura 1**, compreendendo as coordenadas 42°00'00" a 43°30'00" de longitude Oeste e 15°00'00" a 16°00'00" de latitude Sul.

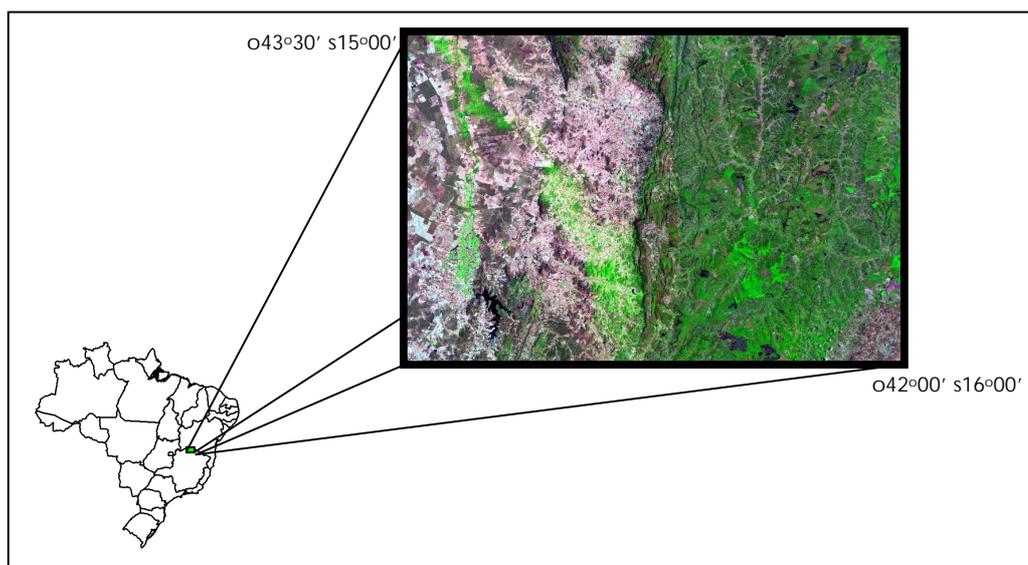


Figura 1 – Localização da área de estudo

A área está inserida em uma região que possui restrições de uso voltados à silvicultura e pastagem e apresenta temperaturas variando de 19oC a 21oC, com precipitação média anual inferior a 1000mm segundo Geominas (1980). Segundo o Projeto RADAMBRASIL (1982), a área é dominada pelas seguintes tipologias vegetais:

- a) **Savana Gramíneo-Lenhosa**: formação campestre entremeada de plantas lenhosas, anãs, mas sem cobertura arbórea a não ser na faixa da floresta de galeria. Na região da savana gramíneo-lenhosa sem floresta de galeria existe maior expansão na região centro-sul da folha. No período desfavorável, o tapete graminóide praticamente desaparece, deixando à mata o solo esbranquiçado;
- b) **Floresta Estacional Semi-decidual**: O fenômeno anual da perda simultânea de folhas da totalidade ou de parte dos indivíduos que compõe os estratos superiores de uma floresta tem merecido atenção de vários autores, que consideraram a estacionalidade como característica distinta, a ser individualizada das demais formações florestais. Formada por espécies condicionadas ao clima, com estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes adaptados às acentuadas variações térmicas. Cerca de 20 a 50% das espécies são caducifólias (no conjunto florestal) estão presentes nestas áreas;
- c) **Floresta Estacional Decidual**: presença de caducifolia completa, atingindo mais de 50% das espécies quando em período desfavorável. Existe dificuldade de separar esta formação da caatinga (xerófila, densa, composta de árvores e arbustos, de folhas caducas, pequenas, rico em espinho e cactáceas, com elementos protetores à transpiração);
- d) **Áreas de tensão ecológica**: refletem os três fatores condicionantes (clima, litologia e relevo) que, quando alterados,

promovem mudanças na fisionomia;

e) **Contato Savana/Floresta Estacional**: com solos férteis e argilosos, possui dominância da floresta decidual. A área está inserida em uma região que possui restrições de uso voltados à silvicultura e pastagem e apresenta temperaturas variando de 19oC a 21oC, com precipitação média anual inferior a 1000mm segundo Geominas (1980).

3. Materiais e Métodos

Os materiais utilizados para o trabalho foram:

- 1) Imagens orbitais do satélite TM-Landsat7 218/71 com datas de 9/nov/1994 e 4/set/99, na composição colorida 4R 5G 3B, onde a vegetação é apresentada em tonalidades de vermelho;
- 2) Aplicativo para tratamento de dados georreferenciados e processamento de imagens SPRING;
- 3) Mapa de vegetação produzido pelo Projeto RADAMBRASIL (1982), na escala 1:250.000;
- 4) Mapa de vegetação produzido pelo IBGE (1983), na escala 1:15.000.000;
- 5) Mapas auxiliares de clima, temperatura entre outros (Geominas, 1980);
- 6) Material bibliográfico relacionado ao tema do trabalho.

A interpretação de imagens orbitais se baseia nos elementos da fotointerpretação convencional, que definem padrões específicos para cada imagem/passagem (data). São eles:

- Cor: variando de acordo com a composição colorida observada. No caso deste trabalho, foi utilizada uma imagem em uma composição onde a vegetação aparece em tons de vermelho.
- Textura: variação na rugosidade da feição, podendo ser lisa a altamente rugosa.
- Tonalidade: de acordo com o brilho encontrado na feição mapeada, variando de baixa a alta.
- Forma: variando de regular, irregular a geométrica (no caso de talhões definidos).

No caso das formações florestais, a baixa reflexão na região do visível ocasionada pela ação de pigmentos fotossintetizantes, a alta reflexão na região do infravermelho próximo, explicada pela estrutura interna das folhas e a também baixa reflexão na região do infravermelho médio ocasionada pela variação da quantidade de água nas folhas, de acordo com Kumar (1972), Novo (1992), Ponzoni & Disperati (1995), Meneses & Madeira Netto (2001), definem padrões típicos que as caracterizam visualmente.

Os polígonos são delimitados visualizando as imagens em tela de computador na escala 1:50.000, os quais passam a representar os remanescentes florestais do bioma. Dentro do Estado de Minas Gerais foram considerados como remanescentes florestais as áreas de formações florestais (primárias e secundárias) de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual. Áreas de contato entre as formações mencionadas, matas ciliares e remanescentes incrustados em outras formações foram também incluídos. Neste trabalho e considerando a imagem em questão, foram definidas as seguintes classes e seus respectivos padrões identificados nas imagens:

1. **Remanescente Florestal Primário**: cor vermelha escura, tonalidade baixa, textura levemente rugosa e homogênea, com formas irregulares;
2. **Remanescente Florestal em estágio avançado de regeneração**: cor vermelha escura média, tonalidade média baixa, textura levemente rugosa e formas irregulares;

3. **Remanescente Florestal em estágio intermediário de regeneração:** cor vermelha média a clara, tonalidade média, textura homogênea e lisa, encontrado em formas regulares, quando se tratava de regenerações em áreas agrícolas, e irregulares;
4. **Áreas urbanas:** localidades observadas em mapas oficiais e na imagem, possuindo cor acizentada, tonalidade alta, textura rugosa em formas irregulares, que integram outro tipo de informação para o trabalho;
5. **Água:** áreas de lagos, lagoas, represas e rios com margem larga/dupla, com cor preta, tonalidade muito baixa, textura lisa e formas irregulares, que também integram outro tipo de informação ao Projeto;
6. **Pastagem:** com tonalidade azulada e/ou amarelada, tonalidade alta, textura média lisa, com formas regulares e irregulares, dependendo do tipo da propriedade, classe de fundo (“background”) não considerada para o mapeamento;
7. **Agricultura:** com tonalidade laranja, amarela e amarelada, tonalidade alta, textura lisa, formas regulares e irregulares, também considerada uma classe “pano de fundo” e não considerada para o mapeamento.

4. Resultados e Discussão

A partir da diferenciação das tipologias vegetais arbóreas citadas anteriormente, foi possível verificar áreas onde houve mudança dos padrões apresentados nas imagens. Essa mudança foi atribuída a alterações fenológicas. Em imagens do período úmido do ano, a floresta estacional apresenta-se como uma floresta arbórea e bastante viçosa o que, não acontece com os períodos de seca, onde sua aparência nas imagens é de um tapete graminóide seco, semelhante à pastagem e por vezes à agricultura (**Figura 2**).



Figura 2 – Exemplos de áreas com floresta estacional semelhantes à pastagem e agricultura.

Como exemplo, algumas regiões que na imagem de 1994 apresentavam padrão de pastagem mostravam um padrão de remanescente florestal em 1999, não justificando o crescimento rápido da vegetação em apenas 4 anos. Em contrapartida, áreas consideradas remanescentes florestais em 1994, não foram identificáveis como tais em 1999 e sim, como pastagem. Estas dinâmicas nos padrões das formações arbóreas foram bastante observados evidenciando que a fenologia foi alterada principalmente pelas mudanças climáticas em florestas estacionais, onde mais de 20% (na floresta estacional semi-decidual) e mais de 50% (na floresta estacional decidual) das

espécies vegetais perdem as folhas durante o período desfavorável (seco), conforme verificado na **Figura 3** e **Figura 4**.

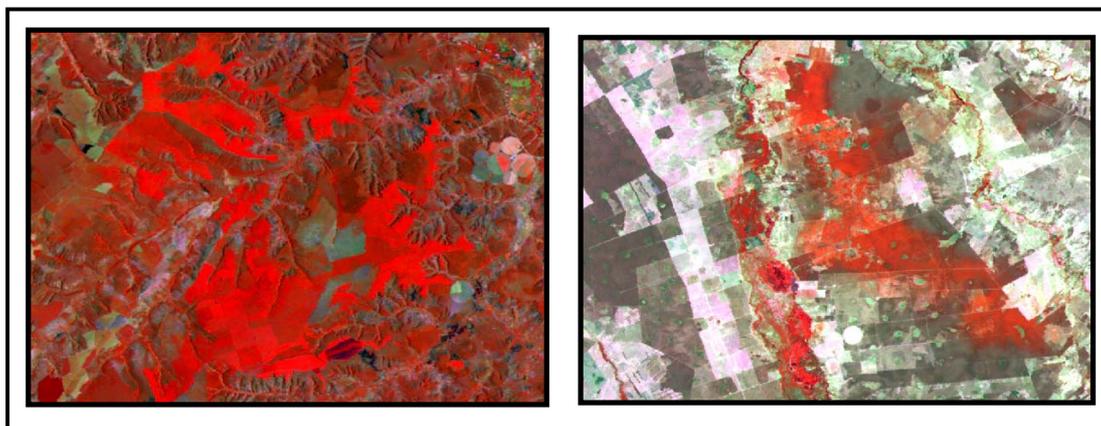


Figura 3 - Áreas de regeneração de vegetação, agricultura e efeito de chuva

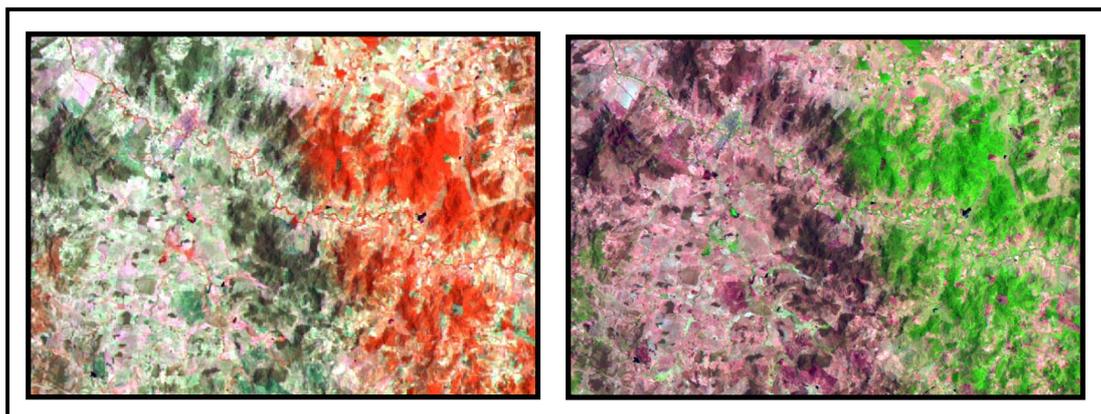


Figura 4 - Região de florestas estacionais, com diferenças bruscas de acordo com a sazonalidade. Verificação em composição 4R5G3B (vegetação em vermelho) e 4G5R3B (vegetação em verde)

Com isso, durante as interpretações, o intérprete era orientado a trabalhar com as duas imagens (1994 e 1999), além das áreas de sobreposições de imagens vizinhas, para evitar a superestimativa ou a subestimativa das áreas de remanescentes florestais. Em alguns casos podem ser observadas áreas de pastagem em meio à floresta estacional seca, que também possuía comportamento espectral de pastagem. Nestes casos, a regularidade do polígono foi o critério utilizado para defini-lo como pastagem e não como remanescente florestal.

5. Conclusões

Quando se trabalha em regiões nas quais a cobertura vegetal apresenta forte fenologia devido a sazonalidade, há de se levar em consideração que a base temática não poderá ser definida mediante uma série temporal pequena de imagens e sim deverá ser aprimorada em sucessivas intervenções ao longo do tempo.

Estas intervenções devem ser realizadas para evitar que a escolha das imagens com menor quantidade de nuvens seja o principal fator de erro em mapeamentos pois, em casos como este, se

a interpretação se basear apenas nas imagens, o trabalho como um todo pode mascarar fenômenos fenológicos importantes, como os verificados.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao INPE, pelo apoio técnico durante a execução deste trabalho e à Fundação SOS Mata Atlântica, pela iniciativa e parceria.

Referências bibliográficas

Ferraz, D.K.; Artes, R.; Mantovani, W.; Magalhães, L.M. Fenologia de árvores em fragmentos de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, 59 (2): 305-317, 1999.

Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2002) Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 1995-2000. **Relatório Final**.

Geominas. Programa Integrado de Uso da Tecnologia de Geoprocessamento pelos Órgãos do Estado de Minas Gerais. <http://www.geominas.mg.gov.br/> (data de acesso: 13 de junho de 2003). IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1993) **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro.

Kumar, R. **Radiation from plants-reflection and emission: a review**. West Lafayette: Purdue Research Foundation, 1972. 28p. (Research Project n.5543).

Maria, V.R.B. Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais. Piracicaba, 145p. **Dissertação** de Mestrado. USP/ESALQ, Departamento de Recursos Florestais, 2002.

Meneses, P.R.; Madeira Netto, J.S. **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB, Planaltina:Embrapa Cerrados, 2001, 262p.-

Novo, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo, 1992, Ed. Edgard Blücher, 308p.

Pinto, S.F.A.; Valério Filho, M. Análise e interpretação de dados de sensoriamento remoto. São José dos Campos: INPE, 1996. 31p. **Apostila**.

Ponzoni, F.J.; Disperati, A.A. Comportamento espectral da vegetação. São José dos Campos: INPE, 1995, 37p. (INPE-5619-PUD/065).

RADAMBRASIL, **Projeto**. Vegetação. Folhas SD 23. Brasília, volume 29, Rio de Janeiro, RJ, 1982, p.461-528.

Rizzini, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil - aspectos ecológicos**. São Paulo: EDUSP, 1976. 327p.