

## Um método para analisar a distribuição espacial das áreas de vegetação secundária em áreas desflorestadas na Amazônia.

Allan Yu Iwama de Mello<sup>1</sup>  
Diogenes Salas Alves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
allan@dsr.inpe.br, dalves@dpi.inpe.br

**Abstract.** Deforestation in Brazilian Amazon is concentrated in some areas where the landscape tends to be dominated by pastures and partially by crops, with relatively few forest remnants, and some degree of secondary vegetation. Secondary vegetation can play an important role to mitigate deforestation impacts, although it has been suggested that it has decreasing importance in regions that concentrate most deforestation, according to studies based on analyses of Census data and classification of variable-sized sampling units based on remotely sensed imagery. The aim of this work is to define a method to analyze the spatial distribution of secondary vegetation based on the classification of randomly selected 10x10 km regular cells, and differentiating areas deforested before 1997 (“old” deforestation) from areas deforested after 2003 (“new” deforestation). Maps from INPE PRODES program were used as the source of deforestation data and Landsat TM imagery were classified to identify secondary vegetation in areas of “old” and “new” deforestation, in the randomly selected cells. Restricting classification to the randomly selected cells reduces the total classification time, contributes to better classification results by focusing on specific contexts, and can be used as the basis to differentiating secondary vegetation distribution according to both deforestation periods and visually-inferred landscape patterns.

**Palavras-chave:** deforestation, secondary vegetation, landscape fragmentation, desflorestamento, vegetação secundária, fragmentação da paisagem.

### 1. Introdução

Segundo diversos autores, a vegetação secundária em áreas desflorestadas é um importante elemento das paisagens na Amazônia, desempenhando um importante papel para a diminuição dos efeitos do desflorestamento. Porém, sua importância relativa pode variar ao longo do tempo e do estágio da ocupação (LISBOA et al., 1989; FEARNSTIDE e GUIMARÃES, 1996; ALVES et al., 1997; ALVES et al., 2003; ALVES, 2007).

Na região da Amazônia, os processos predominantes de alteração da cobertura da terra na estão associados à pecuária e atividades agrícolas (MACHADO, 1998; ALVES, 2007) e, de maneira geral, estes processos têm relação com: (a) o desflorestamento causado pela influência da abertura de rodovias e áreas próximas aos pólos de desenvolvimento no processo de ocupação (MACHADO, 1998; ALVES et al., 1999; ALVES, 2002); (b) as regiões de concentração de desflorestamento e a ocorrência da vegetação secundária (ALVES et al., 2003; ALVES, 2007).

Alves et al. (2003), no estado de Rondônia, mostraram que em regiões de concentração de desflorestamento onde há redução drástica dos remanescentes florestais, há também uma pressão para a derrubada sobre a vegetação secundária. Ou seja, a ocorrência da vegetação secundária tende a diminuir em áreas de concentração de desflorestamento. Alves (2007), nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, encontrou indícios de um processo semelhante ao verificar uma queda mais acentuada das terras produtivas não utilizáveis em regiões mais desmatadas com base nos dados dos Censos Agropecuários de 1985 e 1995, além de uma queda na fração de terras representada por essa categoria. Devido à escassez de dados censitários e a alguns problemas relativos às dificuldades de coleta de dados de uso da terra na Amazônia, dados de sensoriamento remoto constituem uma importante fonte de dados para entender melhor esses processos.

Assim, a fim de investigar a relação entre o desflorestamento e a vegetação secundária no período entre 1997 e 2006, o objetivo deste trabalho é o de definir um método para (i) criar

um mapa de grade regulares (mapa de células) com tamanho 10km x 10km para os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia; (ii) selecionar amostras, ao acaso, em grades regulares (células); (iii) registrar imagens TM/Landsat do ano de 2006; (iv) classificar a vegetação secundária nas amostras selecionadas.

## 2. Materiais e métodos

A área de estudo é composta pelos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, que junto com os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Roraima e Tocantins formam a Amazônia Legal (AML). O estado do Mato Grosso está situado na região Centro-Oeste do Brasil, representando aproximadamente 17,8% (903.357 km<sup>2</sup>) do território da AML, sendo o terceiro maior estado brasileiro em superfície. O estado do Pará, com 1.247.689 km<sup>2</sup>, representa cerca de 24,5% do território da AML e o estado de Rondônia, 4,7% (237.576 km<sup>2</sup>) da área da AML. (IBGE, 2005). A Figura 1 mostra a Amazônia Legal e os três estados que formam a área de estudo.

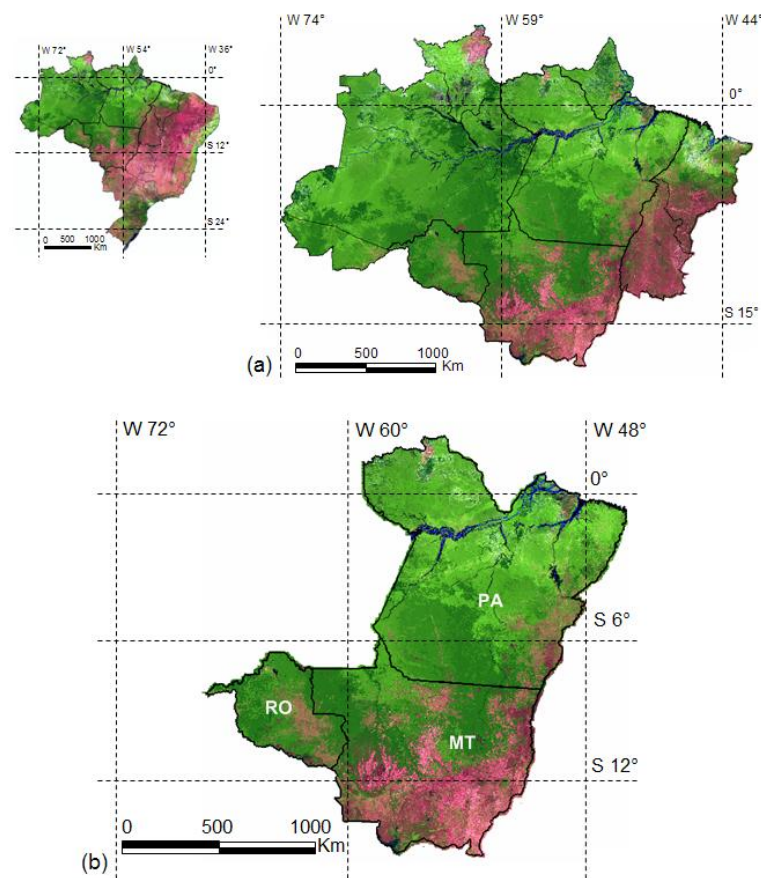


Figura 1. (a) Amazônia Legal e (b) localização da área de estudo - Estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia.

Fonte: Mosaico de imagens sintéticas do satélite SPOT (INPE, 2008a)

Os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia apresentam historicamente as maiores taxas de desflorestamento (Figura 2). Além disso, estes estados apresentam diversas práticas de uso da terra, nos quais apresentam variados tamanhos de clareiras de desflorestamento que variam de região para região (ALVES, 2002).

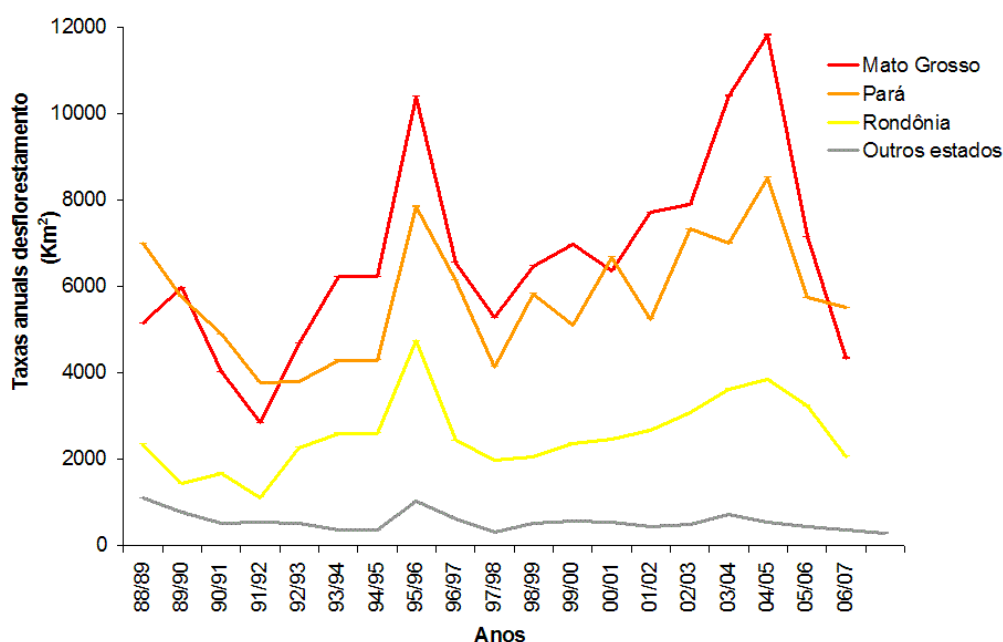


Figura 2. Taxas anuais de desflorestamento por estados da Amazônia Legal. Os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Tocantins e Roraima compõem a categoria “Outros estados”, representando a média das taxas anuais destes estados.

Fonte: Adaptado (INPE, 2008b)

Os materiais utilizados foram: (a) mapas temáticos do desflorestamento gerado pelo programa PRODES, dos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, disponíveis no site do projeto PRODES <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>; (b) imagens GEOCOVER – para referência ao registro de imagens, correspondentes ao ano de 2000 – e imagens do sensor TM/Landsat (bandas 3, 4, 5) do ano de 2006 – para a classificação da vegetação secundária –, obtidas no endereço eletrônico <<http://www.dpi.inpe.br/cdteca/>>;

A metodologia foi baseada nas seguintes etapas: (1) Seleção de dados; (2) Geração de mapas de células e intersecção com os mapas de desflorestamento; (3) Seleção aleatória de amostras para cada estado – Mato Grosso, Pará e Rondônia; (4) Seleção das imagens GEOCOVER (ano de 2000) e das imagens TM/Landsat (ano de 2006) e posterior georreferenciamento; (5) Classificação da vegetação secundária nas amostras selecionadas.

## 2.1 Seleção dos dados

Os dados de desflorestamento utilizados para os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia são os resultados das estimativas do projeto PRODES, referente aos dados disponíveis para o período de 2000 a 2006 (INPE, 2008b). Estes dados são mapas temáticos que permitem analisar a fração desflorestada em cada amostra ou célula. A Tabela 1 apresenta, de forma simplificada, as classes temáticas utilizadas pelo projeto PRODES.

Tabela 1. Classes temáticas no período entre 2000 e 2006 - projeto PRODES

Classes	Descrição
Floresta	Formação florestal (exceto Cerrado)
Desflorestamento	Desflorestamento até 1997 e no período 2000-2006
Hidrografia	Hidrografia
Nuvem	Cobertura de nuvens
Não floresta	Cerrado e outras coberturas
Resíduo	Área não analisada

Para o trabalho foram estabelecidas as classes: **Floresta**, **Desflorestamento até 1997** - “antigo”, **Desflorestamento após 2003** - “recente”, **Resíduo**, **Outros** - agrupamento de classes de nuvens, Cerrado, hidrografia e **Incerteza** - agrupamento das classes de desflorestamento com cobertura de nuvens.

## **2.2 Geração de mapa de células e intersecção com mapa de desflorestamento**

Os mapas de células com células de tamanho 10km x 10km foram criados com base na máscara dos limites de estados da área de estudo. O tamanho das células foi definido de forma a representar a distribuição de variados tamanhos das clareiras de desflorestamento (fragmentação da paisagem), a fim de apresentar diferentes padrões de paisagem/fundiário.

A operação de intersecção foi realizada entre os mapas de células e os mapas de desflorestamento (programa PRODES) para os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. Assim, cada unidade amostral ou célula continha as informações das classes temáticas do PRODES.

## **2.3 Seleção de amostras para cada estado**

Com os mapas de células definidos para cada estado, foi realizado um sorteio ao acaso das amostras (células). Inicialmente foram sorteadas 25 amostras para cada estado, totalizando 75 amostras na área de estudo. Foi feita uma pré-seleção, que consistiu em selecionar as células que apresentavam menores proporções de nuvens, Cerrado, hidrografia – classe Outros - e áreas de florestas primárias – classe Floresta - na área total (100 km<sup>2</sup>) da célula. O critério estabelecido teve a finalidade de obter amostras que continham menos de 33% (ou 1/3 do total da célula) dessas classes, pois o interesse é verificar a ocorrência da vegetação secundária onde já ocorreu o desflorestamento.

Com o propósito de selecionar amostras representativas para a área de estudo, será aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov, para determinar se a distribuição de probabilidade das amostras difere, a um determinado nível de significância, da distribuição de probabilidade da população (total de células da área de estudo). Quando a distribuição das amostras for estatisticamente igual à distribuição da população, a seleção das amostras será concluída.

## **2.4 Seleção das imagens GEOCOVER e das imagens TM/Landsat**

Definidas as amostras iniciais, foram selecionadas as imagens TM/Landsat, onde posteriormente será feita classificação da vegetação secundária. As imagens GEOCOVER do ano de 2000 foram utilizadas para georreferenciar as TM/Landsat do ano de 2006. No total foram georreferenciadas 39 imagens.

## **2.5 Classificação da vegetação secundária nas amostras selecionadas**

Na classificação da vegetação secundária, serão utilizadas as imagens georreferenciadas do sensor TM/Landsat, utilizando a banda 3 (vermelho), banda 4 (infravermelho próximo) e banda 5 (infravermelho médio). As classificações serão feitas onde o PRODES identificou como áreas desflorestadas no período entre 1997 e 2006. Para inferir sobre os diferentes padrões de paisagem, a classificação será realizada sobre uma máscara de desflorestamento “antigo” (até 1997) e outra de desflorestamento “recente” (após 2003).

A vegetação secundária será classificada baseada na idéia que em áreas com estágios iniciais de regeneração há maior reflectância na banda 5 e que diminui gradualmente na banda 4 em áreas onde a vegetação secundária tem mais de 15 anos (STEININGER, 2000). Além disso, será utilizada a informação de que em áreas de pastagens, as reflectâncias são maiores nas bandas 3 e 4 e menores na banda 5 (PEREIRA e SETZER, 1993). Em áreas em que a reflectância das bandas são similares - áreas recentemente abandonadas, queimadas, áreas

com vegetação secundária em estágio avançado -, imagens TM de um ano anterior a 2006 serão georreferenciadas para servir como referência para a classificação.

### 3. Resultados preliminares

A Figura 3 mostra a intersecção entre os mapas de células e os mapas de desflorestamento na área de estudo. A seleção de amostras e das órbitas/ponto das imagens TM/Landsat para os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia são apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente.

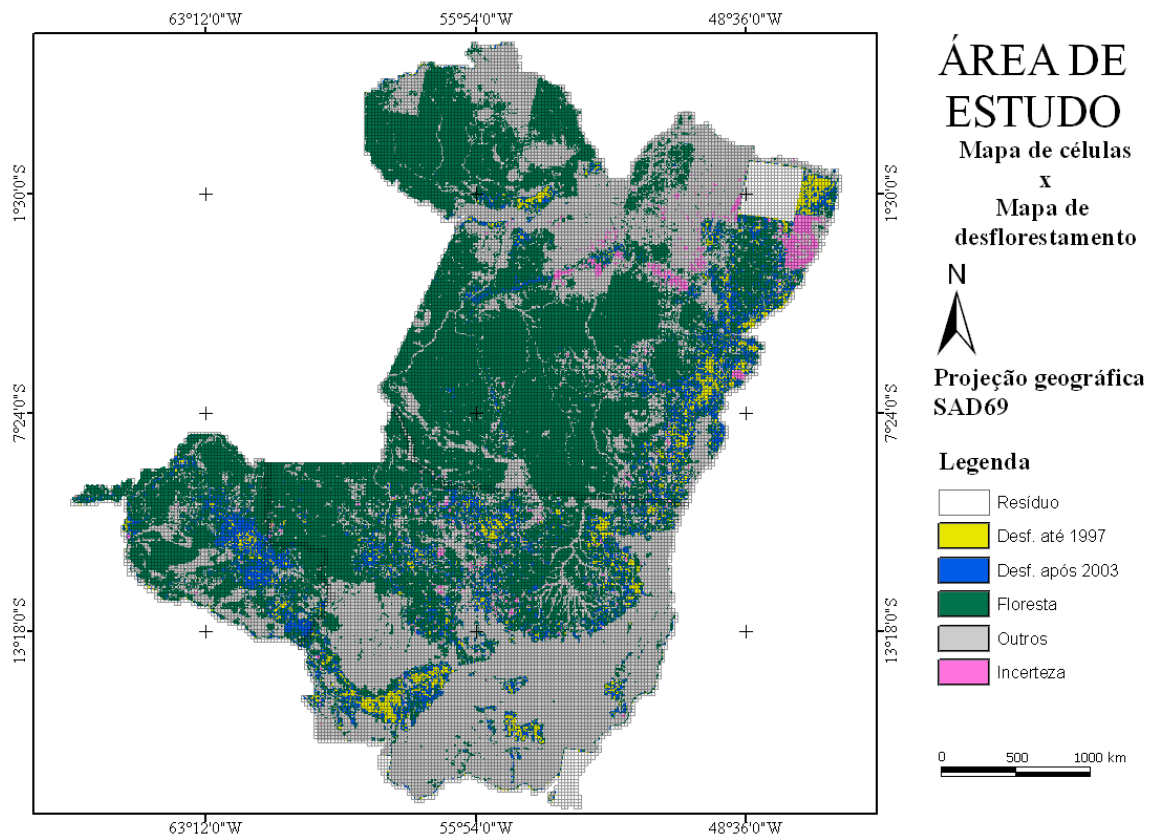


Figura 3. Intersecção entre mapa de células e mapa de desflorestamento



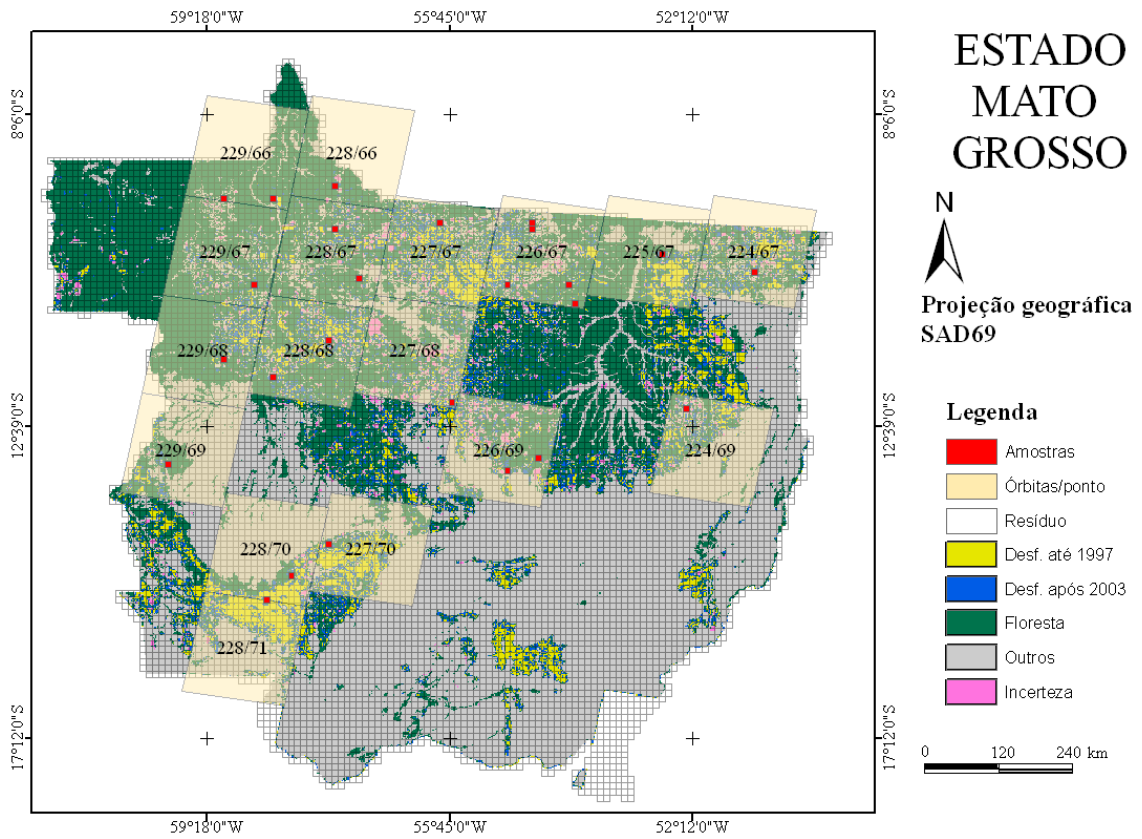


Figura 4. Seleção de amostras e de órbitas/ponto das imagens TM/Landsat para o estado do Mato Grosso

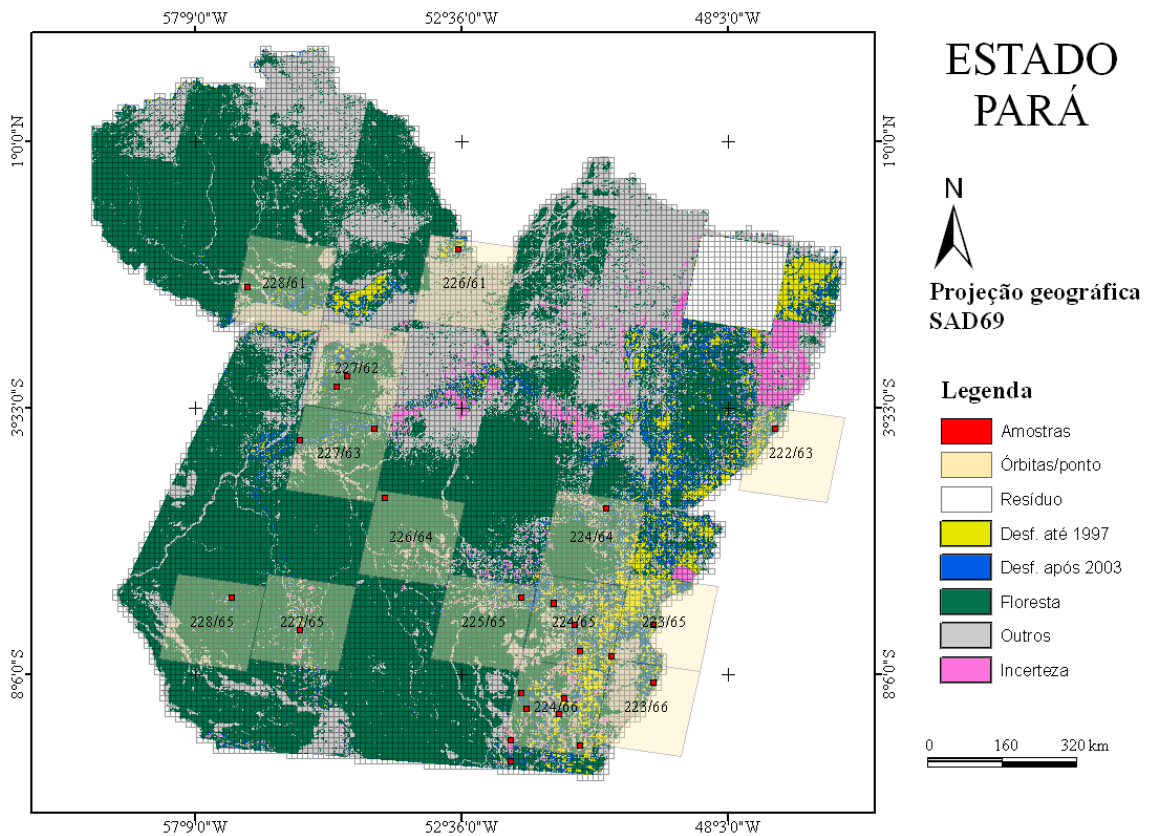


Figura 5. Seleção de amostras e de órbitas/ponto das imagens TM/Landsat para o estado do Pará

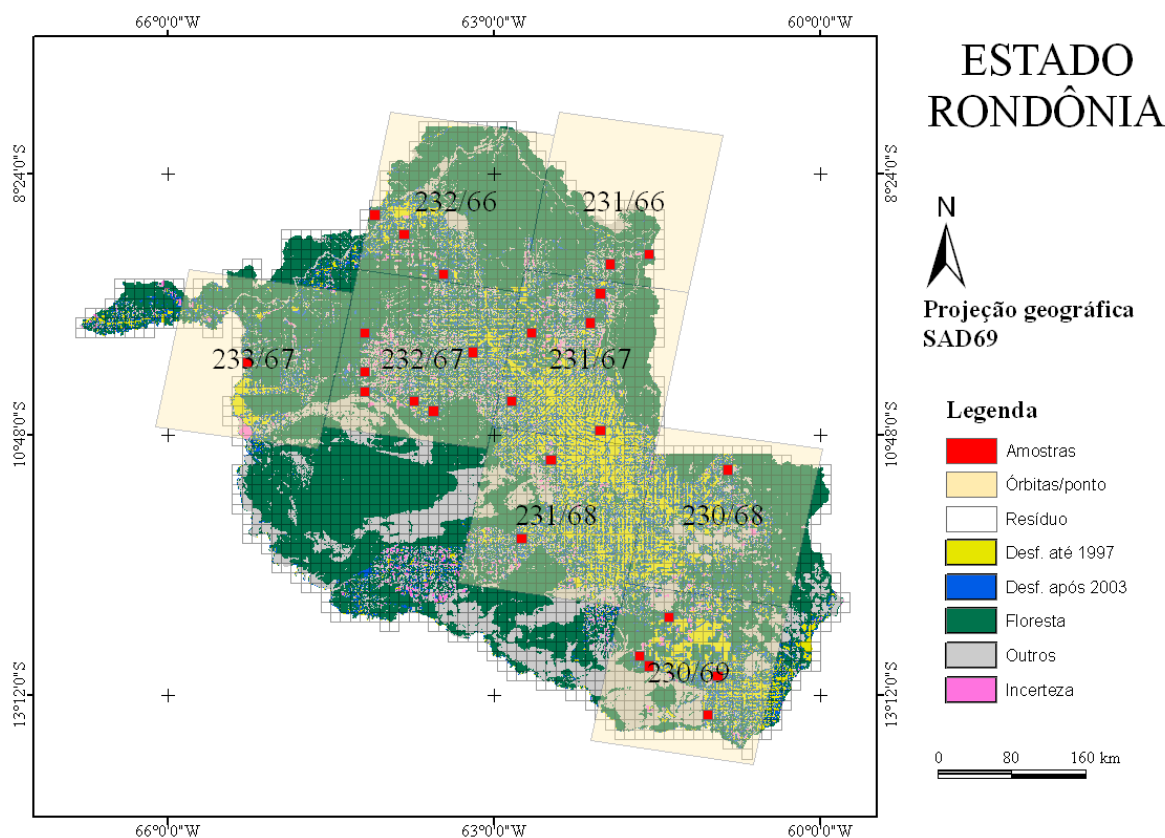


Figura 6. Seleção de amostras e de órbitas/ponto das imagens TM/Landsat para o estado de Rondônia

#### 4. Considerações finais

A classificação da vegetação secundária em células amostradas aleatoriamente reduz o tempo total de classificação para a área de estudo e contribui para melhores resultados da classificação por se concentrar em contextos específicos das áreas desflorestadas. Além disso, a análise em células regulares pode ser utilizada como base para verificar a distribuição da vegetação secundária segundo os dois períodos de desflorestamento - “antigo” e “recente”, podendo ser inferidos os diferentes padrões de paisagem.

#### 5. Referências

- Alves, D. S.; Soares, J. V.; Amaral, S.; Mello, E.M. K.; Almeida, S. A. S.; da Silva, O. F.; Silveira, A. M. Biomass and secondary vegetation in Rondônia western Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, n.3 , p. 451-461, 1997 .
- Alves, D. S.; Pereira, J. L. G.; Sousa, C. L.; Soares, J. V.; Yamaguchi, F. Characterizing landscape changes in central Rondônia using Landsat TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, vol.20, n. 14, p. 2877-2882, 1999.
- Alves, D. S. Space-times dynamics of deforestation in Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n.14, p. 2903-2908. 2002.
- Alves, D. S.; Escada, M. I. S.; Pereira, J. L.G.; Linhares, C.A. Land use intensification and abandonment in Rondônia, Brazilian Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*. v. 24, n.4, p. 899-903, 2003.

Alves, D. S. Cenários de Cobertura e Uso da Terra e Dimensões Humanas no LBA. In: Bertha Becker; Diogenes Alves; Wanderley da Costa. (Org.). Dimensões Humanas da Biosfera-Atmosfera na Amazônia. São Paulo: EDUSP, 2007. p. 39-63.

Fearnside, P.; Guimarães, W. M. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia.. *Forest Ecology Management*, n. 80, p. 35-46, 1996.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Divisão de Processamento de Imagens - DPI. Banco Atlas/BR. São José dos Campos. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html>> Acesso em: 20 jan 2008a.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite - Projeto PRODES. São José dos Campos. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>> Acesso em: 28 jan 2008b.

Lisboa, P.L.B. Estudo florístico da vegetação arbórea de uma floresta secundária, em Rondônia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica*, v.5, p.145-162, 1989.

Machado, L. A fronteira agrícola na Amazônia. In: Becker, B. K.; Christofolletti, A.; Davidoch, F. R.; Geiger, R. P. P. ed. *Geografia e meio ambiente no Brasil*, p. 181-217. 1998.

Pereira, M.C.; Setzer, A.W. Spectral characteristics of fire scars in Landsat-5 TM images of Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*, v.14, n.11, p. 2061–2078, 1993.

Steininger, M. K. Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass : data from Brazil and Bolivia. *International Journal of Remote Sensing*, v. 21, n.6-7, p.1139-1157, 2000.