



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-16606-RPQ/830

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE MINERAÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE DE MUDANÇAS EM ÁREAS FLORESTAIS

Rogério Galante Negri

Relatório final da disciplina Princípios e Aplicações de Mineração de Dados
(CAP-359) do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, ministrada
pelo professor Rafael Santos.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/10.21.23.52>>

INPE
São José dos Campos
2009

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6911/6923

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:**Presidente:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Jefferson Andrade Ancelmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Viveca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivos Gerais	9
2.2 Objetivos Específicos	9
3 MATERIAIS	11
3.1 Área de Estudo	11
3.2 Principais Características das Imagens do Sensor LANDSAT-5 TM . . .	11
3.3 <i>Software</i> Utilizados	13
4 METODOLOGIA	15
4.1 Pré-processamento dos Dados	15
4.1.1 Georreferenciamento dos dados e seleção de sub-área de estudo	15
4.1.2 Transformação das imagens em mapas de classes	16
4.1.2.1 O método de classificação de imagens por Máxima Verossimilhança .	17
4.1.2.2 Geração dos mapas de classes	19
4.2 Descrição do <i>Software</i> Desenvolvido	19
4.2.1 Redução da resolução	20
4.2.2 Exclusão de classes indesejadas	21
4.2.3 Aplicação das regras de distinção	21
5 RESULTADOS	23
6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
A SÉRIE TEMPORAL DE IMAGENS LANDSAT-5 TM	35
B SÉRIE TEMPORAL DE IMAGENS LANDSAT-5 TM CLASSIFICADAS A PARTIR DO MÉTODO MAXVER	39

C CODIGO FONTE DA FERRAMENTA DESENVOLVIDA . . . 43

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Área de estudo selecionada. Representação a partir de imagem LANDSAT-5 TM em composição colorida 5R4G3B.	12
4.1 Diagrama geral das etapas do trabalho	15
4.2 Georreferenciamento dos dados e seleção de sub-área. Imagem base adotada (<i>Geocover</i>) e ilustração comparativa dos anos 1984 e 2007 em composição 5R4G3B.	17
4.3 Interface do <i>software</i> desenvolvido e exemplo de arquivo de projeto. . . .	20
5.1 Distinção entre as diferentes ocupações do solo.	25
5.2 Gráfico de modificações ocorridas nas áreas caracterizadas como Regeneração.	26
5.3 Gráfico de modificações ocorridas nas áreas caracterizadas como Regeneração.	27
5.4 Gráfico de modificações ocorridas nas áreas caracterizadas como Atividade Econômica.	28
5.5 Gráfico de modificações ocorridas nas áreas caracterizadas como Atividade Econômica (continuação).	29
A.1 Imagem LANDSAT-5 TM referente aos anos de 1984, 1987, 1988, 1990, 1991 e 1992, em composição colorida 5R4G3B.	35
A.2 Imagem LANDSAT-5 TM referente aos anos de 1993, 1995, 1996, 1997, 1998 e 1999, em composição colorida 5R4G3B.	36
A.3 Imagem LANDSAT-5 TM referente aos anos de 2000, 2001, 2003 e 2004, em composição colorida 5R4G3B.	37
A.4 Imagem LANDSAT-5 TM referente aos anos de 2005, 2006 e 2007, em composição colorida 5R4G3B.	38
B.1 Imagens classificadas referentes aos anos de 1984, 1987, 1988, 1990, 1991 e 1992.	39
B.2 Imagens classificadas referentes aos anos de 1993, 1995, 1996, 1997, 1998 e 1999.	40
B.3 Imagens classificadas referentes aos anos de 2000, 2001, 2003 e 2004. . . .	41
B.4 Imagens classificadas referentes aos anos de 2005, 2006 e 2007.	42

1 INTRODUÇÃO

Para fins governamentais, a região brasileira englobada pela Amazônia é denominada Amazônia Legal, com cerca de 5 milhões de km^2 .

Originalmente, a cobertura florestal desta região ocupava aproximadamente 4 km^2 , no entanto, atualmente 17,7% foram desmatados principalmente pela ação antrópica (ALVES, 2007; INPE, 2009).

Atividades de monitoramento, realizadas por conveniência por meio de Sensoriamento Remoto devido à dimensão das áreas, requerem a freqüente aquisição de informação, pois assim as alterações causadas pela intervenção antrópica são detectadas e podem ser analisadas de maneira mais rápida e precisa.

No entanto, esta contínua aquisição de dados gera grandes aglomerados de informações. Muitas vezes a manipulação e extração de informações úteis de grandes bases de dados tornar-se uma tarefa árdua .

Neste contexto, para o tratamento de problemas como este, são inseridas técnicas de Mineração de Dados.

Mineração de Dados combina métodos e ferramentas das áreas de aprendizagem de máquina, estatística, banco de dados, sistemas especialistas e visualização de dados (CRATOCHVIL, 1999).

De acordo com Dias (2001), os principais objetivos da mineração de dados são descobrir relacionamentos entre dados e fornecer subsídios para que possa ser feita uma previsão de tendências futuras baseada no passado.

Diante a problemática gerada pelo monitoramento de florestas tropicas e extração de informações de grandes conjuntos de dados, o foco deste trabalho visa o desenvolvimento de uma ferramenta, baseada em princípios de Mineração de Dados, que seja capaz de auxiliar na análise das modificações ocorridas em áreas florestais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma ferramenta capaz de auxiliar na detecção de mudanças na cobertura da terra em áreas florestais a partir da análise de uma série temporal de imagens de Sensoriamento Remoto.

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolvimento de uma ferramenta capaz de extrair informações de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto;
- Dispor formas de visualização dos resultados que auxiliie na análise das informações.

3 MATERIAIS

3.1 Área de Estudo

A área selecionada para o estudo corresponde ao leste da Floresta Nacional de Tapajós, no Estado do Pará, aproximadamente entre as coordenadas S 3° 7' 57" e O 55° 0' 50", e S 3° 21' 44" e O 54° 47' 5".

De acordo com ZEE BR-163 (2008), esta região é caracterizada por clima quente e úmido. A média térmica máxima anual varia entre 31 a 33°C enquanto a média mínima varia entre 24 a 25°C.

O índice de precipitação pluviométrica anual varia entre 1800 a 2800 *mm*, com nítida divisão na distribuição das chuvas, sendo abundante no primeiro semestre e com baixa intensidade no restante do ano.

O relevo é composto em sua maioria por rochas sedimentares, sob forma de extensos chapadões e relevo de *cuesta*. Sua altimetria varia aproximadamente entre 50 a 200 *m*.

A vegetação é mais representativa pela formação de Florestas Ombrófila Densa, podendo apresentar cobertura florestal uniforme ou com presença de árvores emergentes. Em menor proporção podem ser encontradas Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional, Savana e Campinarana.

Em virtude das modificações antrópicas, principalmente nas duas últimas décadas, houve formação significativa de áreas de vegetação secundária, denominadas por "Capoeiras". As áreas de desmate e formação de Capoeiras concentram-se principalmente ao longo da rodovia BR-163 e adjacências.

A Figura 4.1 ilustra a localização geográfica da área de estudo selecionada.

3.2 Principais Características das Imagens do Sensor LANDSAT-5 TM

A série de satélites LANDSAT, *Land Remote Sensing Satellite*, foi iniciada no final da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela NASA, *North American Spatial Agency*, dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. O primeiro satélite da série começou a operar em 1972 e a última atualização ocorreu em 1999 com o lançamento do LANDSAT-7. Durante esse período

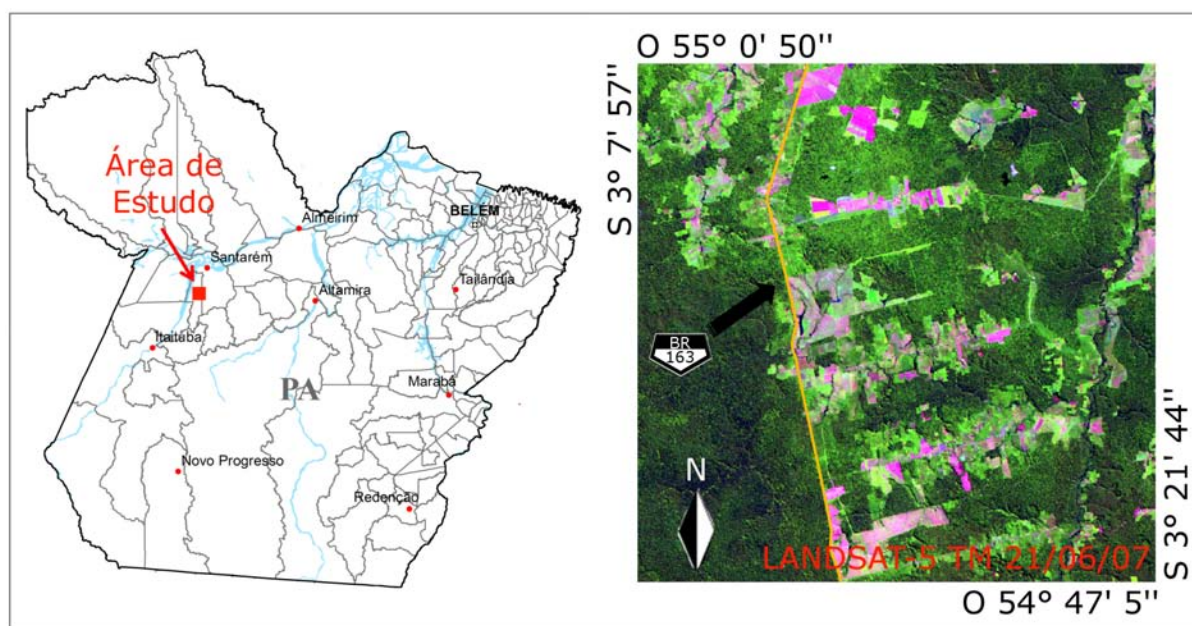


Figura 3.1 - Área de estudo selecionada. Representação a partir de imagem LANDSAT-5 TM em composição colorida 5R4G3B.

foram desenvolvidas três gerações de sensores: MSS (*Multispectral Scanner*), TM (*Thematic Mapper*), ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) e ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). O satélite LANDSAT-5, lançado no ano de 1984, cuja vida útil prevista foi de 3 a 5 anos, após a coleta de 700 mil cenas, ainda encontra-se operacional. Suas contribuições relacionadas as atividades de mapeamento temático da superfície terrestre continuam consideráveis (EMBRAPA, 2009).

Neste trabalho foi utilizada uma série temporal composta, em sua maioria, por imagens obtidas pelo sensor LANDSAT-5 TM. A Tabela 3.1 apresenta as principais características das imagens deste sensor.

Esta série temporal compreende o período entre 1984 a 2007, para o qual foi selecionado apenas uma imagem por ano cuja cobertura de nuvem é menor, com relação as demais imagens do dado ano. Devido a extrema cobertura de nuvens, os anos 1985, 1986, 1988, 1994 e 2002 não possuem imagens com informação suficiente sobre a área de estudo selecionada, logo, não foram adicionadas imagens referentes a estes anos na série temporal.

A Tabela 3.2 informa as datas de aquisição das imagens que compõem a série temporal utilizada.

Tabela 3.1 - Principais características das imagens LANDSAT-5 TM Jensen (2009)

Bandas	Resolução				Faixa Imageada
	Espectral	Espacial	Temporal	Radiométrica	
1: Azul	0,45 ~ 0,52 μm	30m	16 dias	8 bits	185km × 185km
2: Verde	0,50 ~ 0,60 μm				
3: Vermelho	0,63 ~ 0,69 μm				
4: Infraverm. Próximo	0,70 ~ 0,90 μm				
5: Infraverm. Médio	1,55 ~ 1,75 μm	120m			
6: Infraverm. Termal	10,4 ~ 12,05 μm	30m			
7: Infraverm. Médio	2,08 ~ 2,35 μm				

Tabela 3.2 - Série de imagens LANDSAT-5 TM empregadas neste estudo.

Imagens LANDSAT-5 TM		
21/06/1984	04/06/1995	29/08/2003
30/06/1987	08/07/1996	31/08/2004
22/08/1989	27/07/1997	01/07/2005
09/08/1990	27/07/1998	21/08/2006
25/06/1991	02/08/1999	21/06/2007
29/07/1992	05/09/2000	
29/05/1993	30/07/2001 ¹	

3.3 Software Utilizados

Para o desenvolvimento deste trabalho foi empregado o *softwares* ENVI 4.5 e a linguagem de programação IDL 7.0.

O *software* ENVI 4.5 foi utilizado nos procedimentos de georreferenciamento, seleção de sub-área de estudo e geração da série temporal na forma de imagens classificadas. A linguagem de programação IDL 7.0 foi utilizada na construção da ferramenta proposta.

¹Imagem LANDSAT-7 ETM+.

4 METODOLOGIA

O diagrama abaixo apresenta de forma sucinta uma organização geral das etapas do trabalho. Nas seções seguintes são descritas cada uma das etapas apresentadas por este diagrama. A Seção 4.1 descreve os procedimentos de pré-processamento dos dados, já a Seção 4.2 apresenta as principais características do *software* desenvolvido e os diferentes procedimentos executados por este.

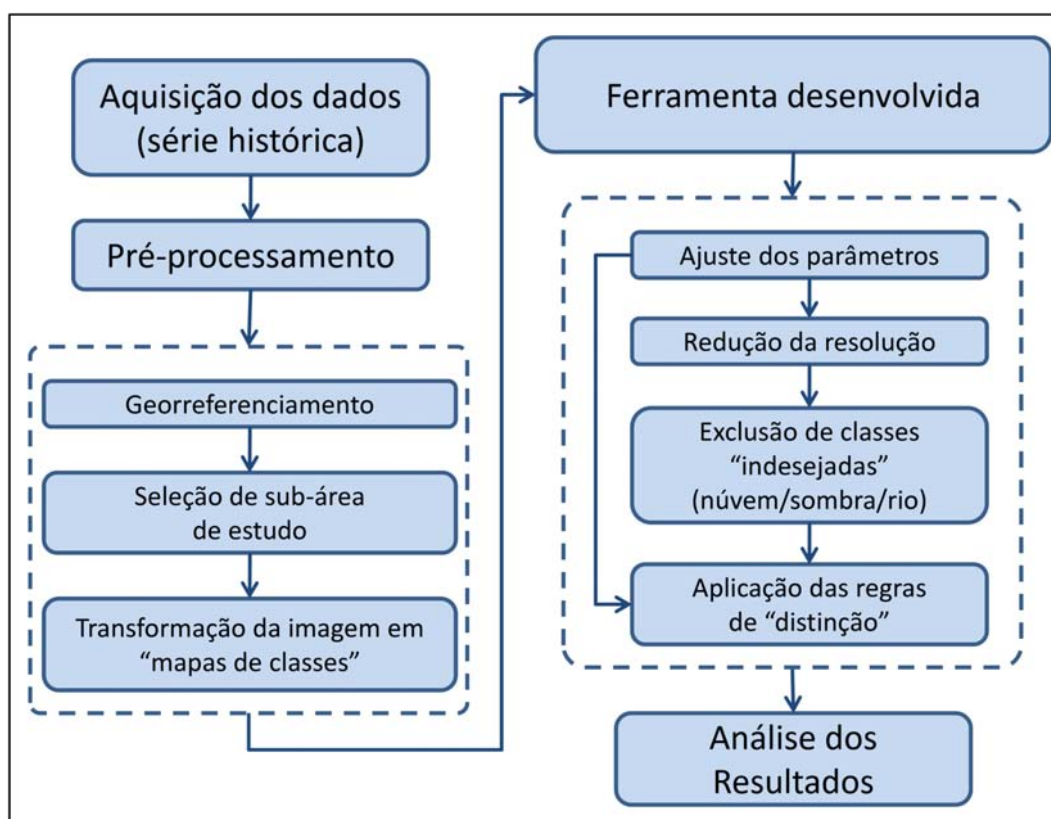


Figura 4.1 - Diagrama geral das etapas do trabalho

4.1 Pré-processamento dos Dados

4.1.1 Georreferenciamento dos dados e seleção de sub-área de estudo

Antes da aplicação do *software* desenvolvido, é necessário a realização de determinados procedimentos de tratamento dos dados.

O georreferenciamento dos dados é uma importante etapa, a qual consiste em corrigir

certas distorções, fazendo com que mesmas localizações (*pixels*) em imagens distintas possuam mesmas coordenadas geográficas. Existem diferentes técnicas propostas para execução deste tipo de correção.

Neste trabalho foi utilizada a técnica de correção por modelo matemático polinomial de primeira ordem. Esta técnica consiste em corrigir as posições de cada *pixels* da imagem distorcida com base em um polinômio linear ajustado com pontos de uma imagem base adequadamente georreferenciada. Detalhes sobre esta técnica são encontrados em Mather (1999).

A imagem corretamente georreferenciada, adotada como base para correção das demais imagens, foi obtida do projeto *Zulu*, também conhecido por *GeoCover*. Este projeto consiste em um banco de dados de imagens LANDSAT de cobertura global em escala 1:50.000, disponível em <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>.

Após o georreferenciamento de toda a série temporal, torna-se conveniente a seleção de uma sub-área de estudo, principalmente, para restrição dos estudos sob uma determinada área particular onde há ocorrência de fenômenos interessantes a este trabalho, além de reduzir a quantidade de dados a serem processados. Com a seleção desta sub-área, as imagens LANDSAT são reduzida de uma dimensão aproximada de $185km \times 185km$ para $25,5km \times 25,5km$.

A Figura 4.2 ilustra um segmento da imagem base e as imagens referentes aos anos de 1984 e 2007 adequadamente georreferenciadas e restritas à sub-área selecionada. A série temporal completa, georreferenciada e restrita à sub-área de estudo, é apresentada no Apêndice A.

4.1.2 Transformação das imagens em mapas de classes

A transformação das imagens da série temporal em mapas de classes é uma forma de “simplificar” os dados de tal forma que as informações originais sejam restringidas a um número de classes específicas.

Neste trabalho as imagens foram classificadas em apenas cinco classes distintas: Floresta Primária, Regeneração, Solo Exposto, Nuvem e Sombra. Baseado nestas classes, foram propostas regras para extração de informação dos dados, as quais são descritas detalhadamente nas sub-seções 4.2.2 e 4.2.3.

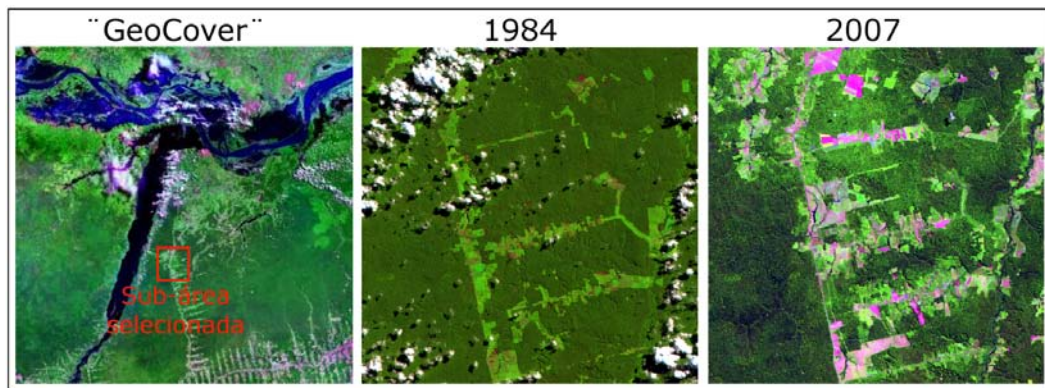


Figura 4.2 - Georreferenciamento dos dados e seleção de sub-área. Imagem base adotada (*Geocover*) e ilustração comparativa dos anos 1984 e 2007 em composição 5R4G3B.

Esta etapa de pré-processamento foi realizado pelo método de classificação de imagens por Máxima Verossimilhança, com auxílio do *software* ENVI 4.5.

4.1.2.1 O método de classificação de imagens por Máxima Verossimilhança

Classificação de imagens é uma metodologia fundamentada em uma área de pesquisa denominada Reconhecimento de Padrões, cuja finalidade é identificar elementos em imagens digitais. Os métodos de classificação de imagens são divididos, segundo seu aprendizado, em métodos supervisionados e não-supervisionados.

Segundo [Richards \(1986\)](#), a classificação por Máxima Verossimilhança (MaxVer) é um dos métodos supervisionados mais comumente utilizado em imagens de Sensoriamento Remoto. As principais etapas desse método são:

- Seleção de amostras das classes envolvidas na tarefa de classificação, para o treinamento do classificador;
- Associação de uma função densidade de probabilidade para cada uma das classes;
- Classificação de cada *pixel* da imagem, considerando a informação radiométrica do alvo, segundo a classe com maior verossimilhança.

Partindo da teoria da classificação de Bayes, seja $\omega_i, i = 1, \dots, M$, as classes definidas

para particionar um dado conjunto de dados em M partições. A pertinência de um dado elemento x a cada uma das classes é representada por meio de uma probabilidade condicional:

$$p(\omega_i | x), \quad i = 1, \dots, M \quad (4.1)$$

Assim:

$$x \in \omega_i \Rightarrow p(\omega_i | x) > p(\omega_j | x), \quad \forall j \neq i \quad (4.2)$$

A princípio, a probabilidade $p(\omega_i | x)$ é desconhecida, mas por outro lado, a informação contida nos dados de treinamento permite estimar uma distribuição de probabilidade para cada uma das classes, representada assim por $p(x | \omega_i)$.

De acordo com o teorema de Bayes, as probabilidades $p(\omega_i | x)$ e $p(x | \omega_i)$ estão relacionadas pela seguinte equação (RICHARDS, 1986):

$$p(\omega_i | x) = \frac{p(x | \omega_i)p(\omega_i)}{p(x)} \quad (4.3)$$

onde $p(\omega_i)$, denominada probabilidade *a priori*, representa a probabilidade pela qual a classe ω_i ocorre no conjunto de dados e $p(x)$ é a probabilidade de ocorrer o elemento x em qualquer uma das classes.

Dessa maneira, a equação (4.2) pode ser reformulada para:

$$x \in \omega_i \Rightarrow p(x|\omega_i)p(\omega_i) > p(x|\omega_j)p(\omega_j), \quad \forall j \neq i \quad (4.4)$$

O MaxVer é um método de classificação pontual, supervisionado, com baixo custo computacional de execução e implementação, no entanto, incapaz de incorporar a dependência espacial entre as classes.

Um importante fator neste método são as distribuições de probabilidade utilizadas, pois a qualidade dos resultados obtidos estão diretamente relacionados com a capacidade com que elas descrevem o comportamento estatístico das diferentes classes. No caso particular deste trabalho, será adotada como função densidade de probabilidade a função Gaussiana Multivariada, definida por:

$$f(z; \mu, \Phi) = \frac{1}{2\pi^{\frac{q}{2}} \|\Phi\|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(Z-\mu)\Phi^{-1}(Z-\mu)} \quad (4.5)$$

onde $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ representa um conjunto de dados de determinada classe, μ é o vetor de médias e $\Phi = E\left((Z - \mu)(Z - \mu)^T\right)$. Neste trabalho, cada $z_i \in Z$ é um vetor de dimensão 5, cujos elementos estão relacionados respectivamente com as bandas 1 a 5 das imagens LANDSAT-5 TM.

4.1.2.2 Geração dos mapas de classes

Como descrito, para geração de classificações a partir do método MaxVer, inicialmente é necessário a seleção de amostras para o treinamento do método. Foram selecionadas em cada uma das imagens, amostras referentes as áreas de Floresta, Regeneração, Solo Exposto, Nuvem e Sombra. As imagens do Apêndice A ilustram, de forma hachurada, as diferentes amostras de treinamento selecionadas. Para melhor representação visual, amostras da classe Solo Exposto foram representadas por polígonos hachurados na cor branca.

De forma padrão, cada classe foi associada a uma cor como “rótulo”. A classe Floresta foi associada à cor verde, Regeneração à cor ciano, Solo Exposto à cor magenta, Nuvem à cor vermelho e Sombra à cor azul.

As classificações geradas são ilustradas nas figuras do Apêndice B.

4.2 Descrição do *Software* Desenvolvido

A Figura 4.3 ilustra a interface do *software* desenvolvido, a qual esta dividido em quatro partes:

- Definição do diretório e arquivo de projeto;
- Parâmetros de precisão;
- Parâmetro para detecção de áreas em regeneração;
- Parâmetros para detecção de áreas onde são realizadas atividades econômicas.

O diretório de projeto consiste no local onde serão armazenados os resultados, já o arquivo de projeto se refere a um descritor sobre os dados utilizados no processo de

mineração.

Além da interface, na Figura 4.3 é apresentado um exemplo de arquivo de projeto, organizado em quatro segmentos principais: (A) Número de imagens que compõe a série temporal de imagens classificadas; (B) Imagem base, utilizada para apresentação da saída dos resultados; (C) Representação *RGB* das classes das imagens classificadas; (D) Caminho das imagens classificadas que compõe a série temporal, em ordem cronológica.

A definição dos demais parâmetros são descritos detalhadamente nas sub-seções 4.2.1 a 4.2.3.

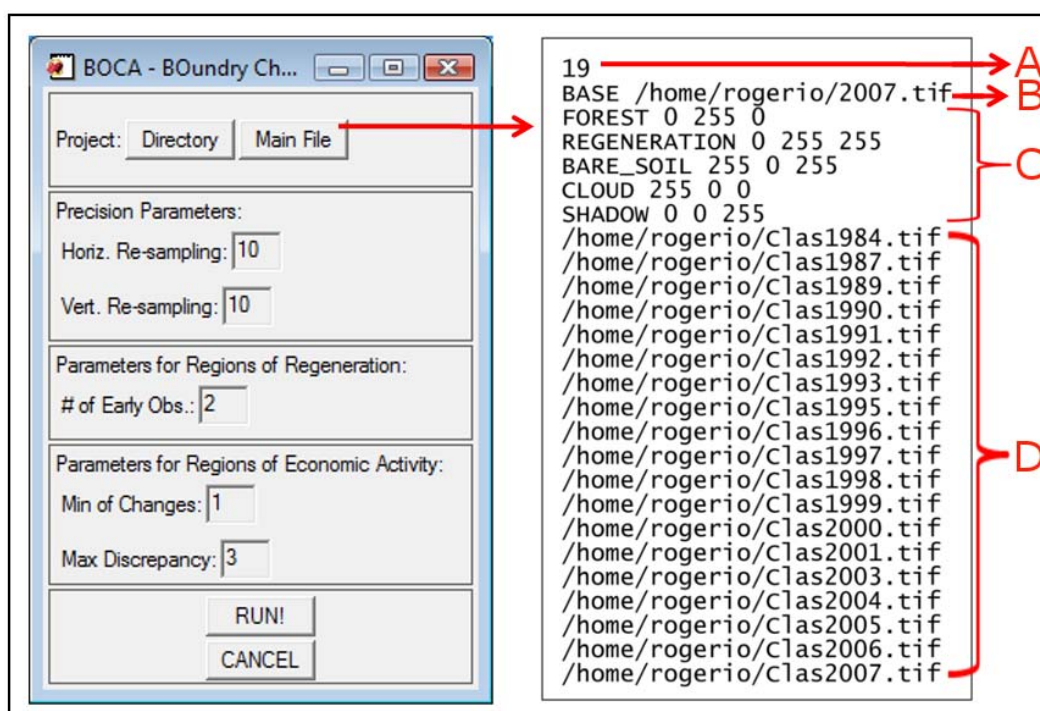


Figura 4.3 - Interface do *software* desenvolvido e exemplo de arquivo de projeto.

4.2.1 Redução da resolução

O processo de redução da resolução consiste em simplificar os dados de entrada, reduzindo o número de células a ser observadas pelo algoritmo. Esta redução é calculada a partir de uma grade cuja dimensão das células é dado em função dos parâmetros de precisão.

Foi definido que esta grade deve possuir número de colunas igual ao piso do número de colunas da imagem original dividido pelo parâmetro de precisão na direção Horizontal, e linhas igual ao piso do número de linhas da imagem original dividido pelo parâmetro de precisão na direção Vertical.

Por fim, cada elemento da imagem re-amostrada é dado pela moda estatística do número de classes que estão contidas na respectiva célula de re-amostragem.

Esta etapa de processamento é realizada pelo procedimento `COMPACT_MAP`, apresentado no Apêndice C.

4.2.2 Exclusão de classes indesejadas

A existência de nuvens durante a aquisição das imagens, a partir de sensores ópticos, prejudicam a aquisição de informações úteis da área imageada.

Diante o não conhecimento de determinadas regiões, em função da cobertura de nuvens, e de sombras geradas por estas, é conveniente desconsiderar este tipo de informação durante as etapas de processamento dos dados.

Uma vez que a extração de informações ocorre a partir de uma série temporal, uma forma conveniente de preencher as lacunas causadas pela ocorrência de classes indesejadas (nuvem e sombra), é substituindo-as pela informação apresentada na observação anterior. A ocorrência destas classes na primeira observação da série temporal é substituída pela classe Floresta.

Esta etapa de processamento é realizada pelo procedimento `CSR_EXCLUDE`, apresentado no Apêndice C.

4.2.3 Aplicação das regras de distinção

O *software* desenvolvido tem como objetivo principal distinguir áreas de regeneração daquelas onde são realizadas atividade econômicas, além de permitir a visualização dos processos de modificação ocorridos na região.

É imediata a consideração que áreas de Solo Exposto ou Regeneração, em algum momento da série histórica, sofreu intervenção antrópica, ou seja, foram desmatadas. Assim, o problema torna-se distinguir áreas que sofreram ou não desmatamento, e dentre as áreas que foram desmatadas, determinar a finalidade, isto é, justificar se

houve desmatamento para extração de recursos naturais ou realização de atividades econômicas.

Em função deste objetivo, foram fundamentadas as seguintes regras de distinção entre classes:

- Florestas: áreas pertencentes a esta classe em nenhum momento da série temporal analisada sofrem modificações. Esta regra de distinção é realizada pela função DET_FOREST, apresentado no Apêndice C;
- Regenerações: Locais que por algum motivo têm sua cobertura vegetal extraída, transformando-se em uma área de solo exposto ou com pouca cobertura vegetal, e que a partir de um determinado número de observações não apresenta novas modificações, são consideradas Regenerações. Este número de observações mínimo para caracterização das áreas de Regeneração é o parâmetro “*# of Early Obs.*”, como ilustrado na Figura 4.3. Cabe ressaltar que áreas sob longos períodos de regeneração tornam-se semelhantes a áreas de Floresta, no entanto, isso não as tornam Florestas. Esta regra de distinção é realizada pela função DET_REGN, apresentado no Apêndice C;
- Atividades Econômicas: Assim como as áreas em Regeneração, áreas onde são realizadas atividades econômicas devem apresentar em alguma das observações a característica de solo exposto, e após esta observação, esta característica deve ocorrer novamente, o que indica o uso da região para realização de alguma atividade, como por exemplo, a agricultura e a pecuária. Neste caso, para caracterização das regiões onde são realizadas atividades econômicas são exigidos dois parâmetros: número mínimo de ocorrência da classe solo exposto, “*Min. of Changes*”, e intervalo máximo entre duas ocorrências, “*Max. Discrepancy*”. Esta regra de distinção é realizada pela função DET_ECONOMIC, apresentado no Apêndice C.

5 RESULTADOS

A partir dos dados e da metodologia incorporada ao *software* desenvolvido, foi realizado um processo de mineração de dados com a seguinte configuração de parâmetros:

- Grade de reamostragem: 10×10 ;
- Observações recentes: 5 observações;
- Número mínimo ocorrência da classe solo exposto: 5 mudanças;
- Intervalo máximo entre observações: 3 observações.

Como resultado deste processo de mineração, foram geradas três imagens e dois gráficos.

Cada uma dessas imagens representa uma das classes em particular e exclui, por meio de um máscara, as demais classes. Já os gráficos apresentam as modificações ocorridas ao longo da série histórica para as áreas caracterizadas como Regeneração ou sob realização de Atividade Econômica.

A Figura 5.1 apresenta as diferentes áreas caracterizadas como Floresta, Regeneração e Atividade Econômica. Nesta figura, é utilizada como base a imagem LANDSAT-5 TM em composição colorida 5R4G3B, imageada em 21 de Junho de 2007. Estes resultados são gerados a partir das funções BUILD_MASK e MAKE_MAP, apresentados no Apêndice C.

As figuras 5.2 e 5.3 apresentam as modificações ocorridas ao longo da série histórica para as áreas caracterizadas como Regenerações, assim como as figuras 5.4 e 5.5, que apresentam as modificações para áreas de Atividade Econômica. Nestes gráficos a cores das células estão relacionadas aos diferentes tipos de cobertura da terra, como definido na sub-seção 4.1.2.2. A função EVOLUTION é responsável pela obtenção deste gráfico, a qual é apresentada no Apêndice C.

Os resultados apresentados pela Figura 5.1 delimitam as classes analisadas de forma satisfatória e consistente, porém, o comportamento histórico que precede cada uma destas áreas são apresentados nas figuras 5.2 a 5.5.

A análise das figuras 5.2 e 5.3 permitem verificar que por volta do ano de 2000 houve aumento considerável na ocorrência de desmatamento para extração de re-

curiosos naturais. Existe uma pequena parte de regiões que possivelmente estiveram relacionadas a atividades econômicas, mas que tiveram esta finalidade interrompida por volta do ano de 1995. Outra característica exibida por este gráfico é a existência de uma parte considerável de regiões sob um longo período de regeneração.

Já as figuras 5.4 e 5.5 revelam, principalmente a partir do ano de 2000, aumento das regiões associadas a atividades econômicas. A conversão de área de Regeneração para Solo Exposto é menor que a conversão entre áreas de Floresta para Solo Exposto. Neste caso, também é possível verificar a existência de áreas associadas ao desenvolvimento de atividades econômicas sob longos períodos.

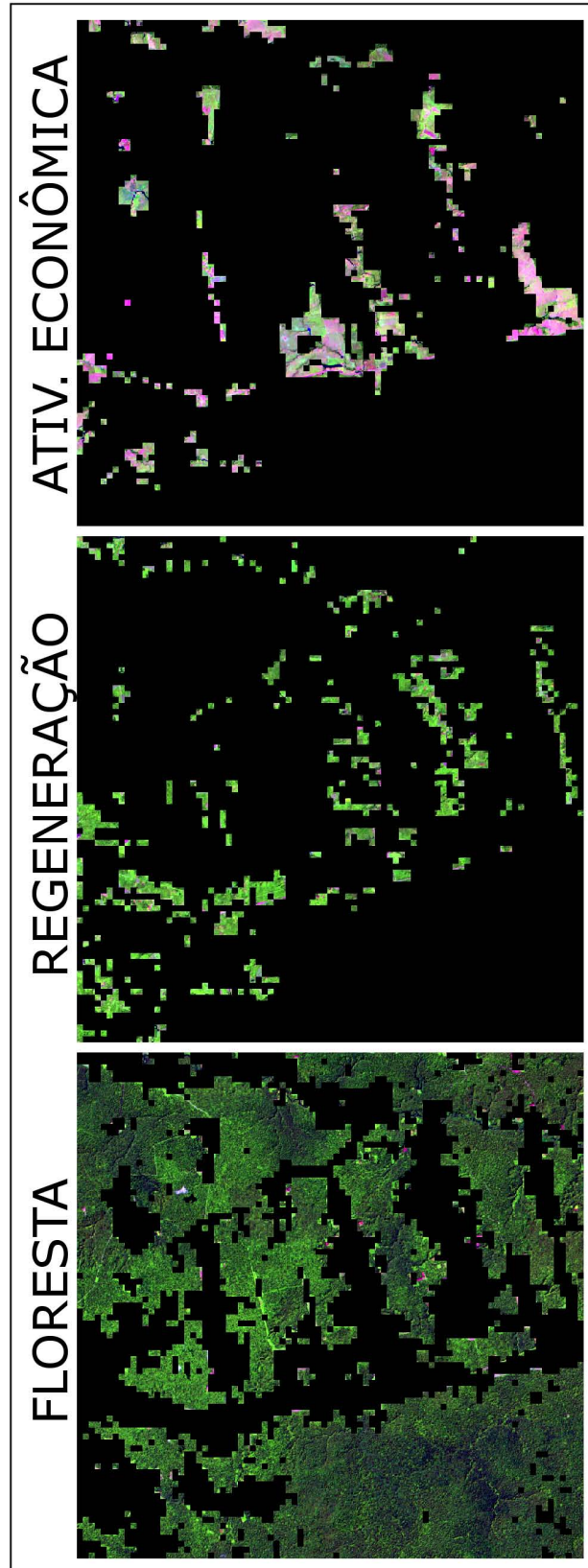


Figura 5.1 - Distinção entre as diferentes ocupações do solo.

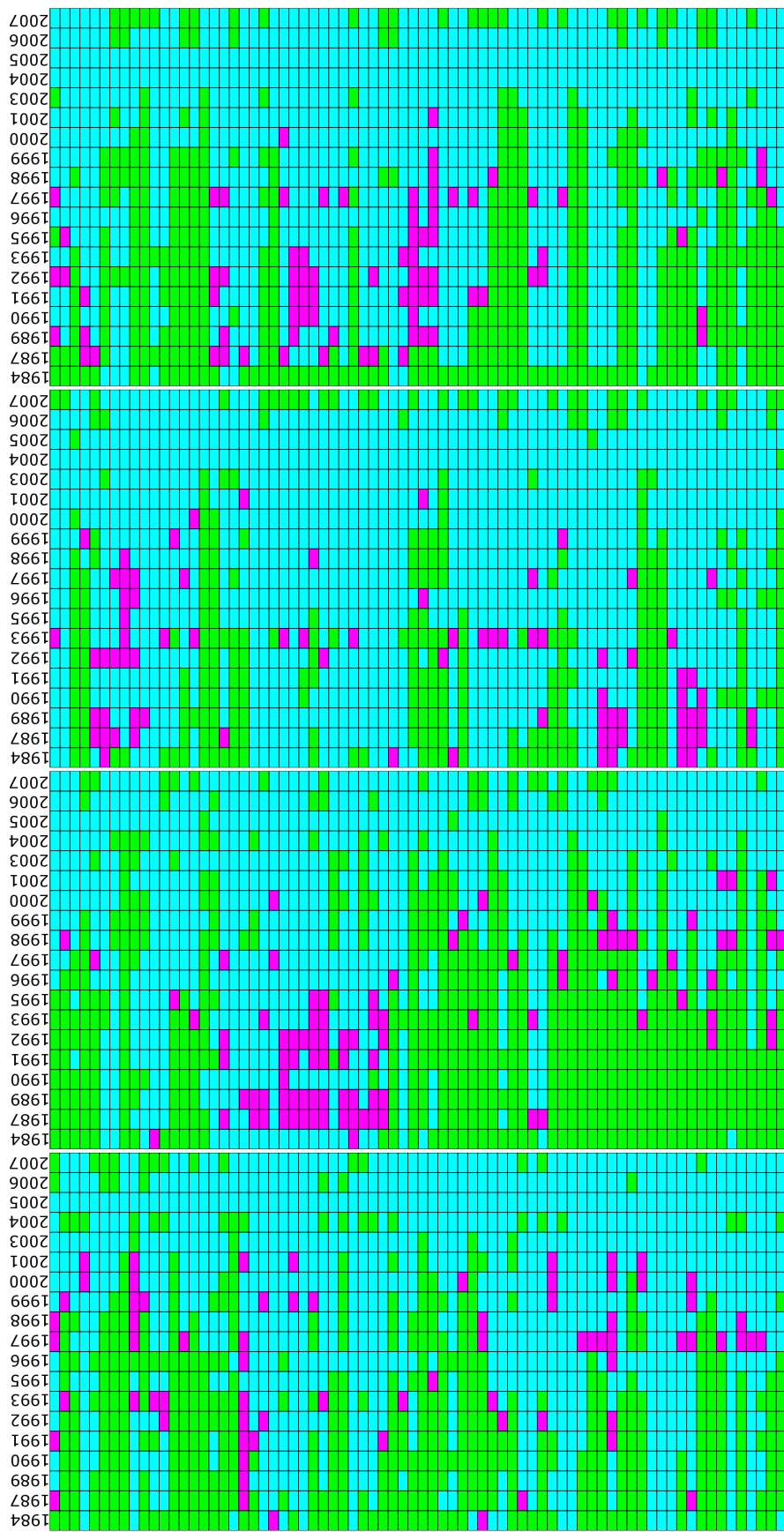


Figura 5.2 - Gráfico de modificações ocorridas nas áreas caracterizadas como Regeneração.

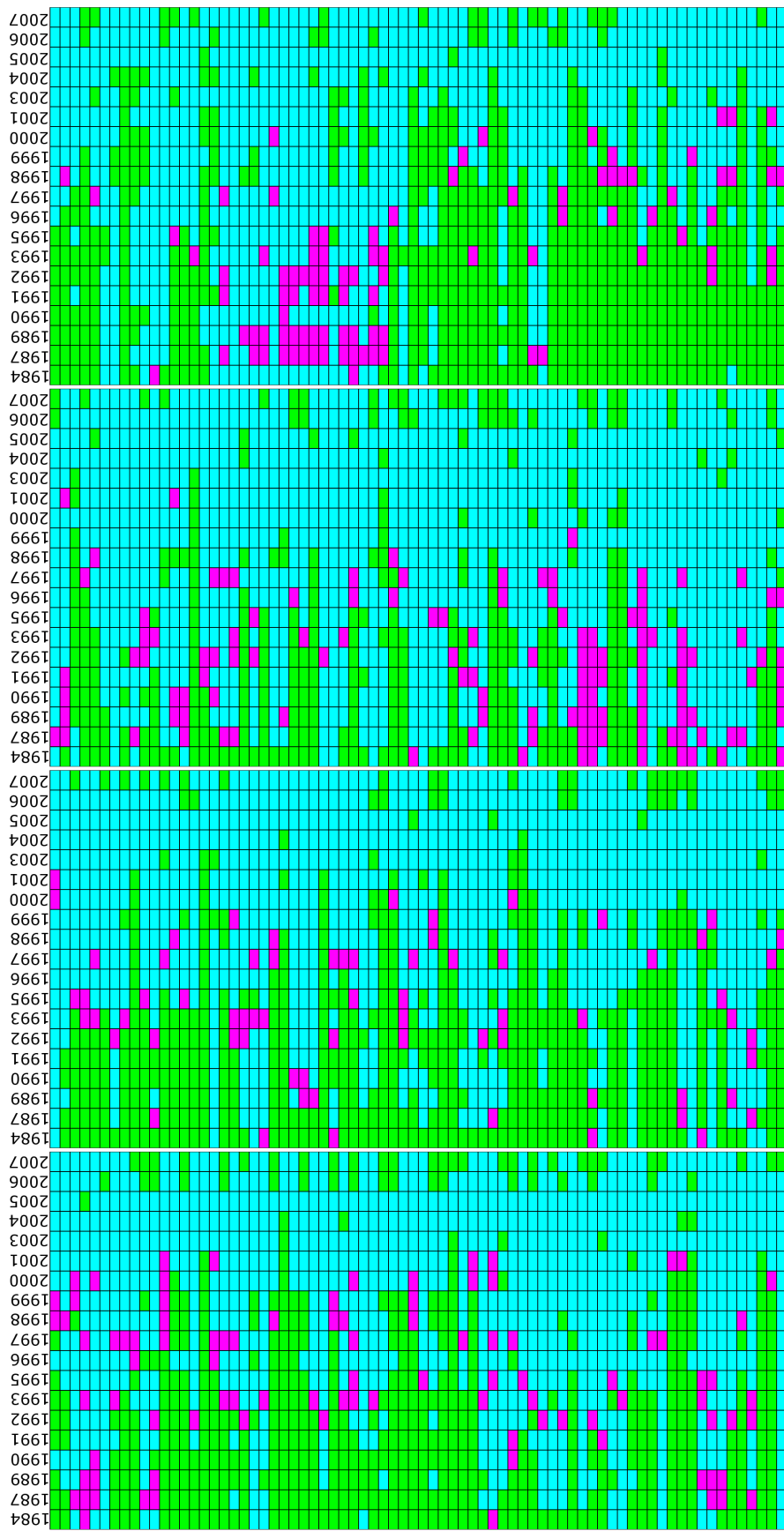


Figura 5.3 - Gráfico de modificações ocorridas nas áreas caracterizadas como Regeneração.

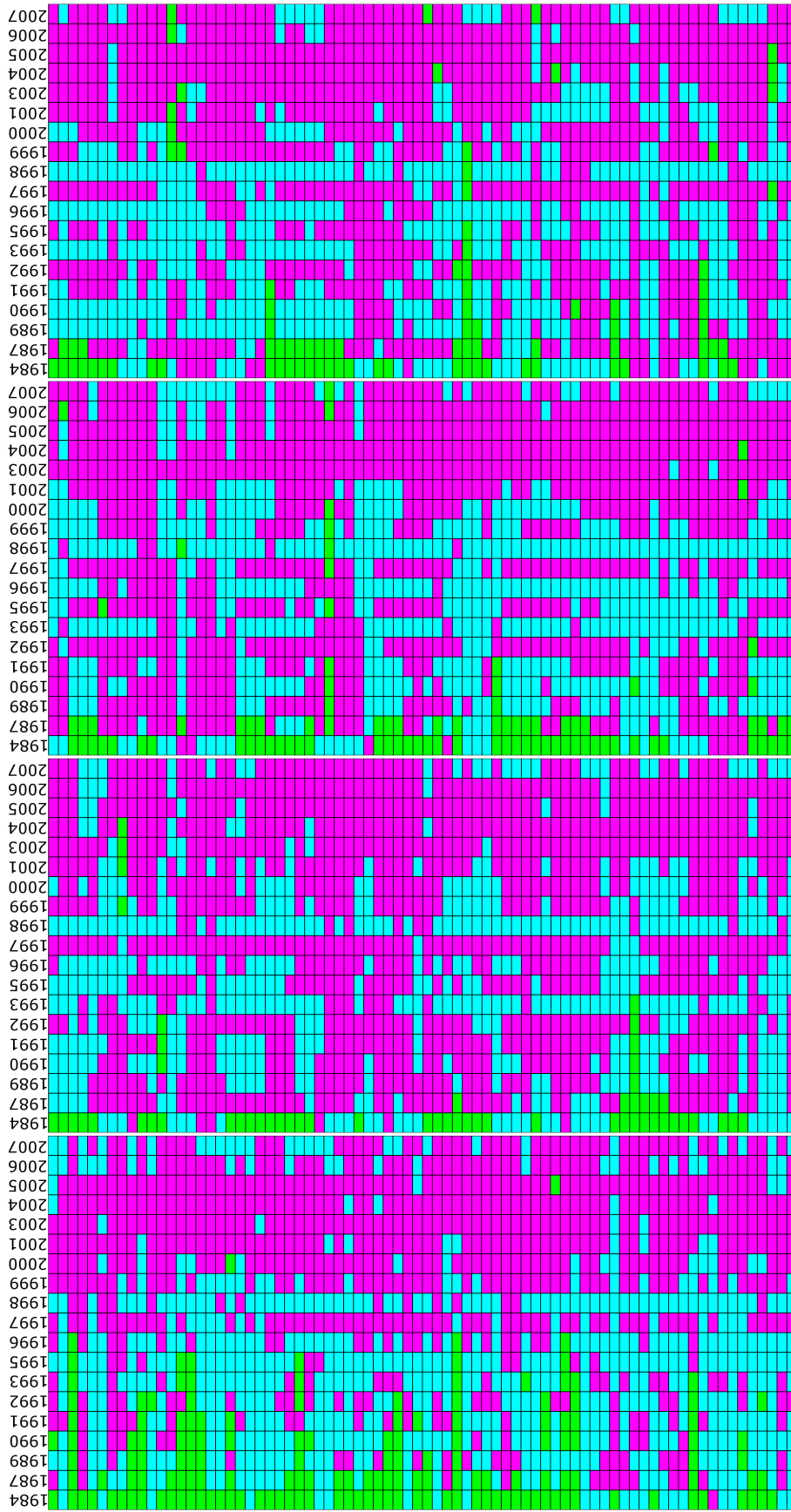


Figura 5.4 - Gráfico de modificações ocorridas nas áreas caracterizadas como Atividade Econômica.



Figura 5.5 - Gráfico de modificações ocorridas nas áreas caracterizadas como Atividade Econômica (continuação).

6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Diante os resultados obtidos, o *software* desenvolvido mostrou-se útil como ferramenta de auxílio na distinção de diferentes formas de ocupação do solo ao longo do tempo.

De maneira simplificada, foi possível observar a evolução histórica de diferentes áreas até a caracterização da atual forma de cobertura.

Embora a aplicação desenvolvida mostrou-se restrita a uma classe de problemas, seus resultados podem ser tomados como ponto de partida para o desenvolvimento de aplicações mais abrangentes e sofisticadas.

Uma das principais fragilidades deste *software* é encontrada na etapa de apresentação e visualização dos resultados.

Como perspectiva para trabalhos futuros, são sugeridas:

- Investigar novos resultados gerados por diferentes configurações de parâmetros;
- Adicionar novos conjuntos de regras;
- Possibilitar a detecção de outros tipos de alvos;
- Estudar novas formas de representação dos dados;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D. S. Science and technology and sustainable development in Brazilian Amazon In: TSCHARNTKE T; LEUSCHNER C; ZELLER M; GUHARDJA E; BIDIN A. (Orgs.). **The stability of tropical rainforest margins, linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation.** Verlag - Berlin: Springer, 2007. 493-512 p. 7

CRATOCHVIL, A. **Data mining techniques in supporting decision making.** — Universiteit Leiden, 1999. 7

DIAS, M. M. **Um modelo de formalização do processo de desenvolvimento de sistemas de descoberta de conhecimento em banco de dados.** 212 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. 7

EMBRAPA. **Sistemas orbitais de monitoramento e gestão territorial: LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite.** Agosto 2009. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>>. 12

INPE. **Programa de cálculo do desflorestamento da Amazônia.** Fevereiro 2009. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. 7

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p. Tradução. 13

MATHER, P. M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images – A Introduction.** 2. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1999. 16

RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis.** Berlin: Springer-Verlag, 1986. 357 p. 17, 18

ZEE BR-163. **Zoneamento ecológico-econômico da rodovia BR-163: caracterização da área de estudo.** 2008. Acesso em Janeiro de 2008. Disponível em: <<http://zeebr163.cpatu.embrapa.br>>. 11

A SÉRIE TEMPORAL DE IMAGENS LANDSAT-5 TM

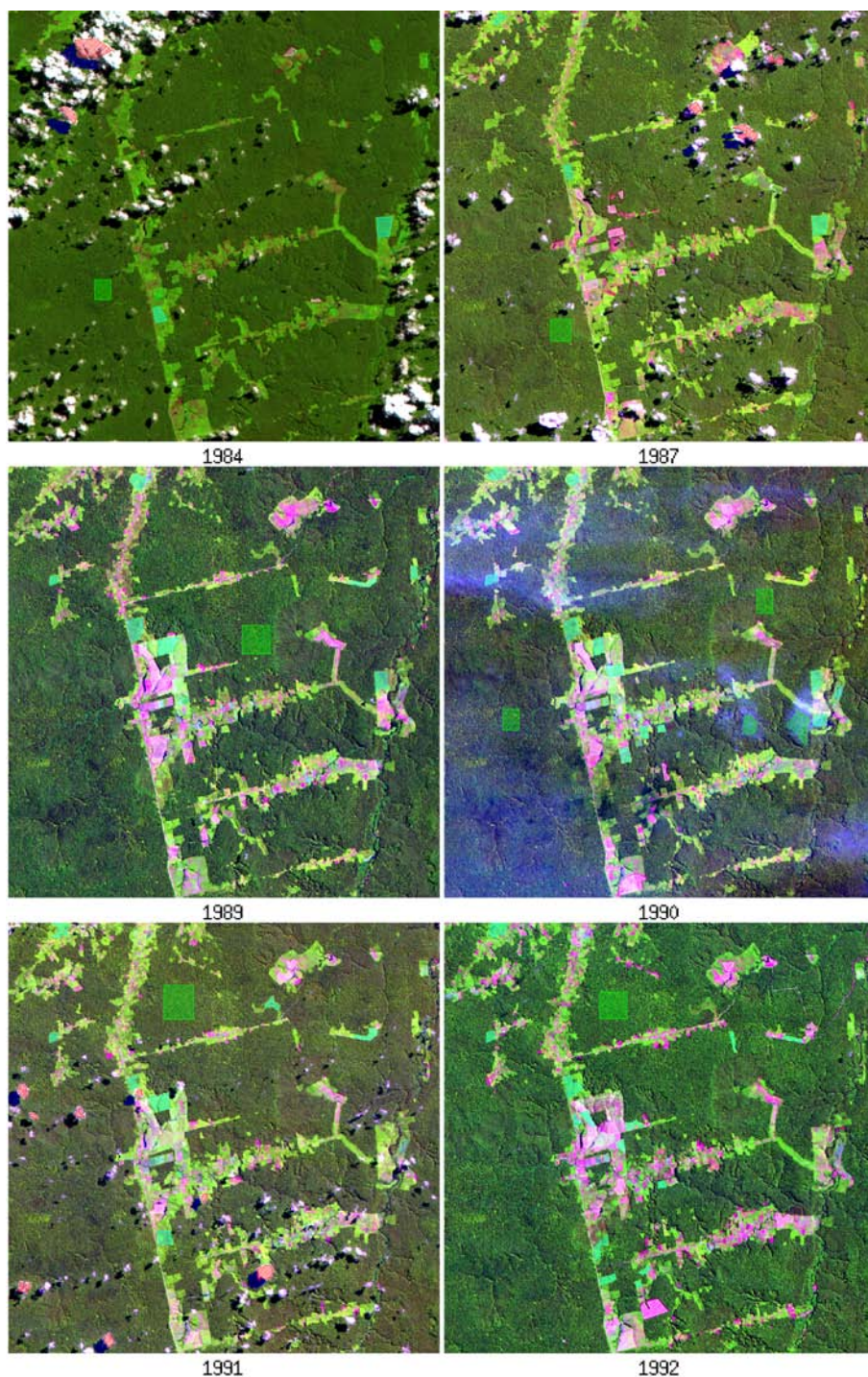


Figura A.1 - Imagem LANDSAT-5 TM referente aos anos de 1984, 1987, 1989, 1990, 1991 e 1992, em composição colorida 5R4G3B.

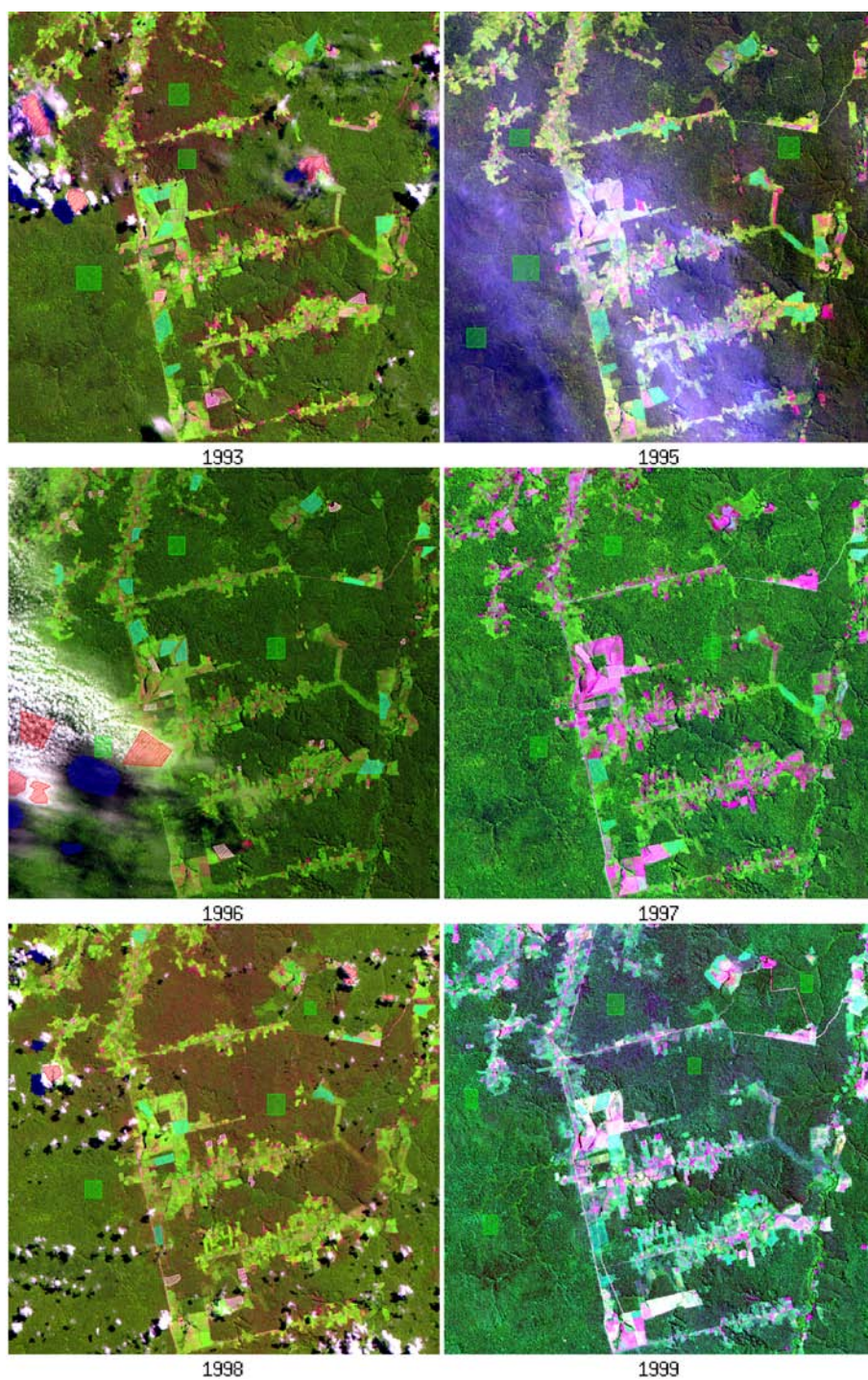


Figura A.2 - Imagem LANDSAT-5 TM referente aos anos de 1993, 1995, 1996, 1997, 1998 e 1999, em composição colorida 5R4G3B.

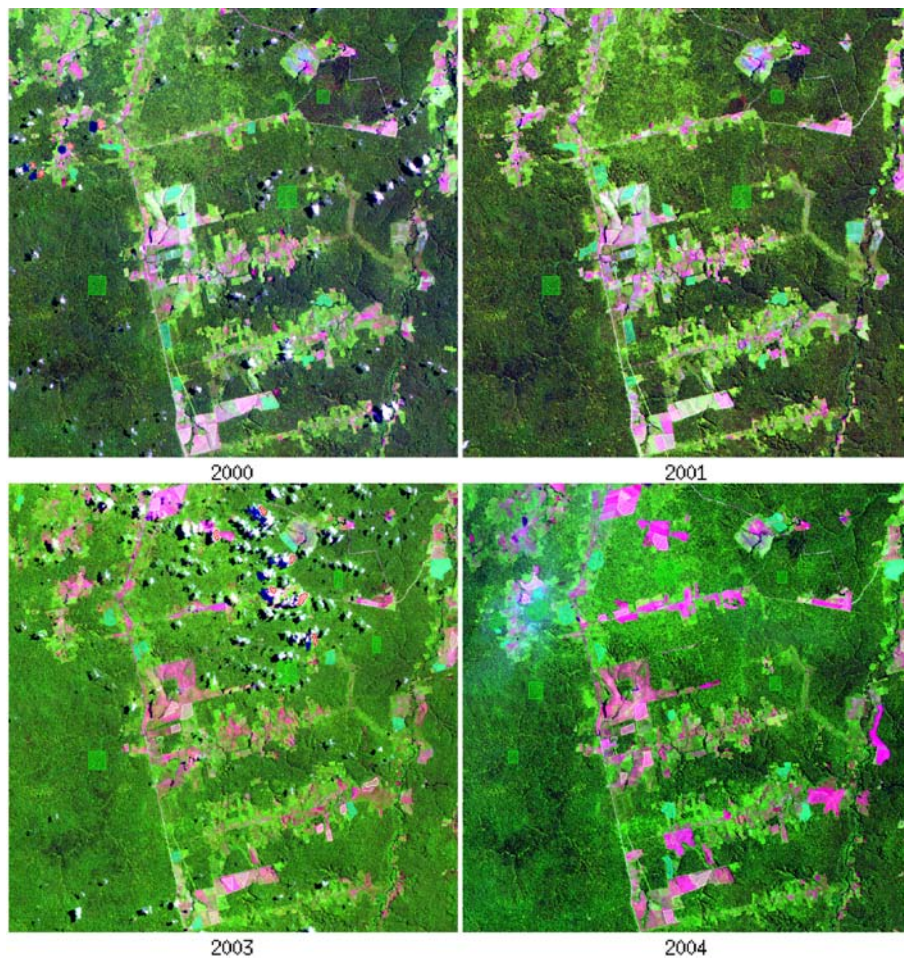


Figura A.3 - Imagem LANDSAT-5 TM referente aos anos de 2000, 2001, 2003 e 2004, em composição colorida 5R4G3B.

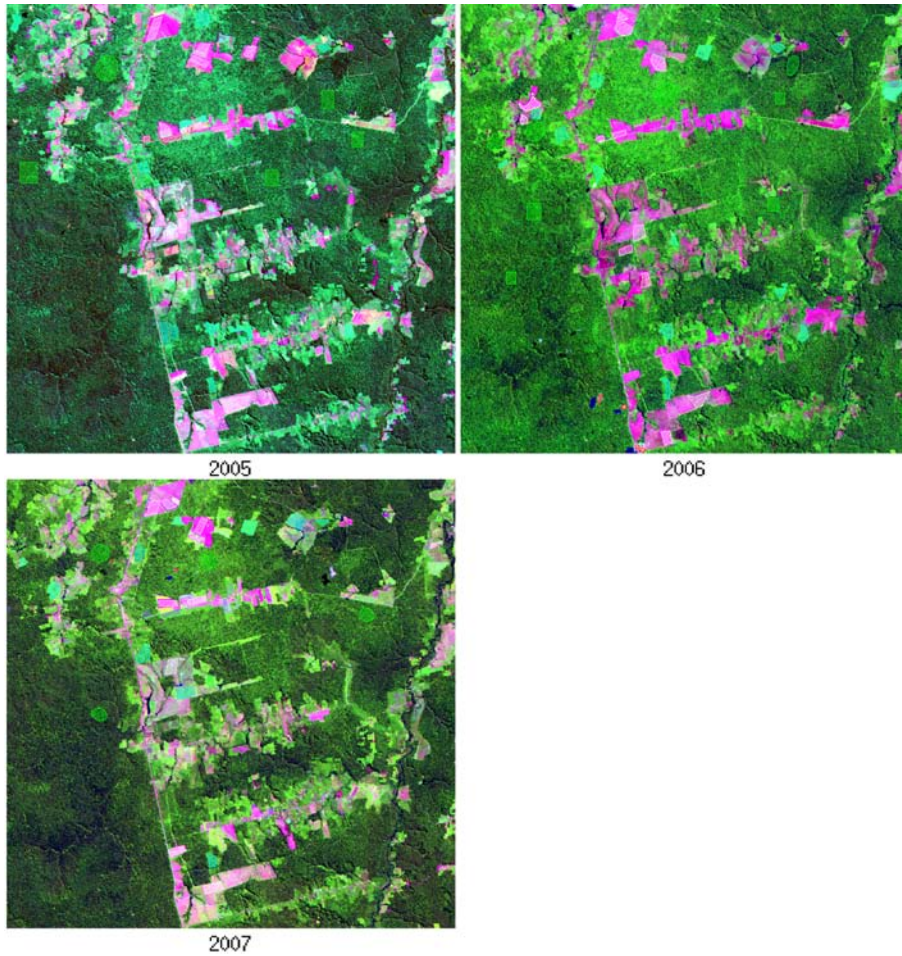


Figura A.4 - Imagem LANDSAT-5 TM referente aos anos de 2005, 2006 e 2007, em composição colorida 5R4G3B.

B SÉRIE TEMPORAL DE IMAGENS LANDSAT-5 TM CLASSIFICADAS A PARTIR DO MÉTODO MAXVER

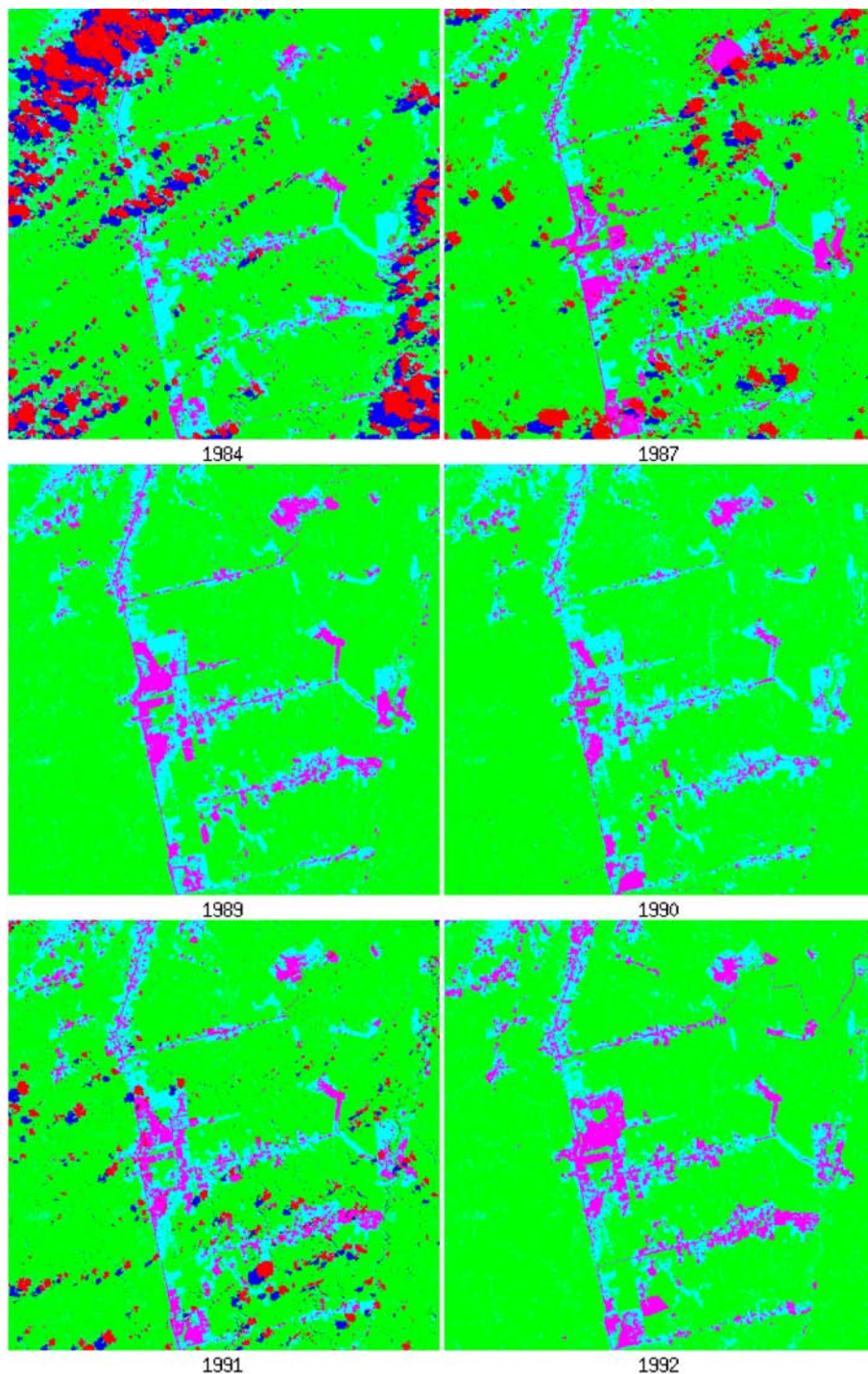


Figura B.1 - Imagens classificadas referentes aos anos de 1984, 1987, 1989, 1990, 1991 e 1992.

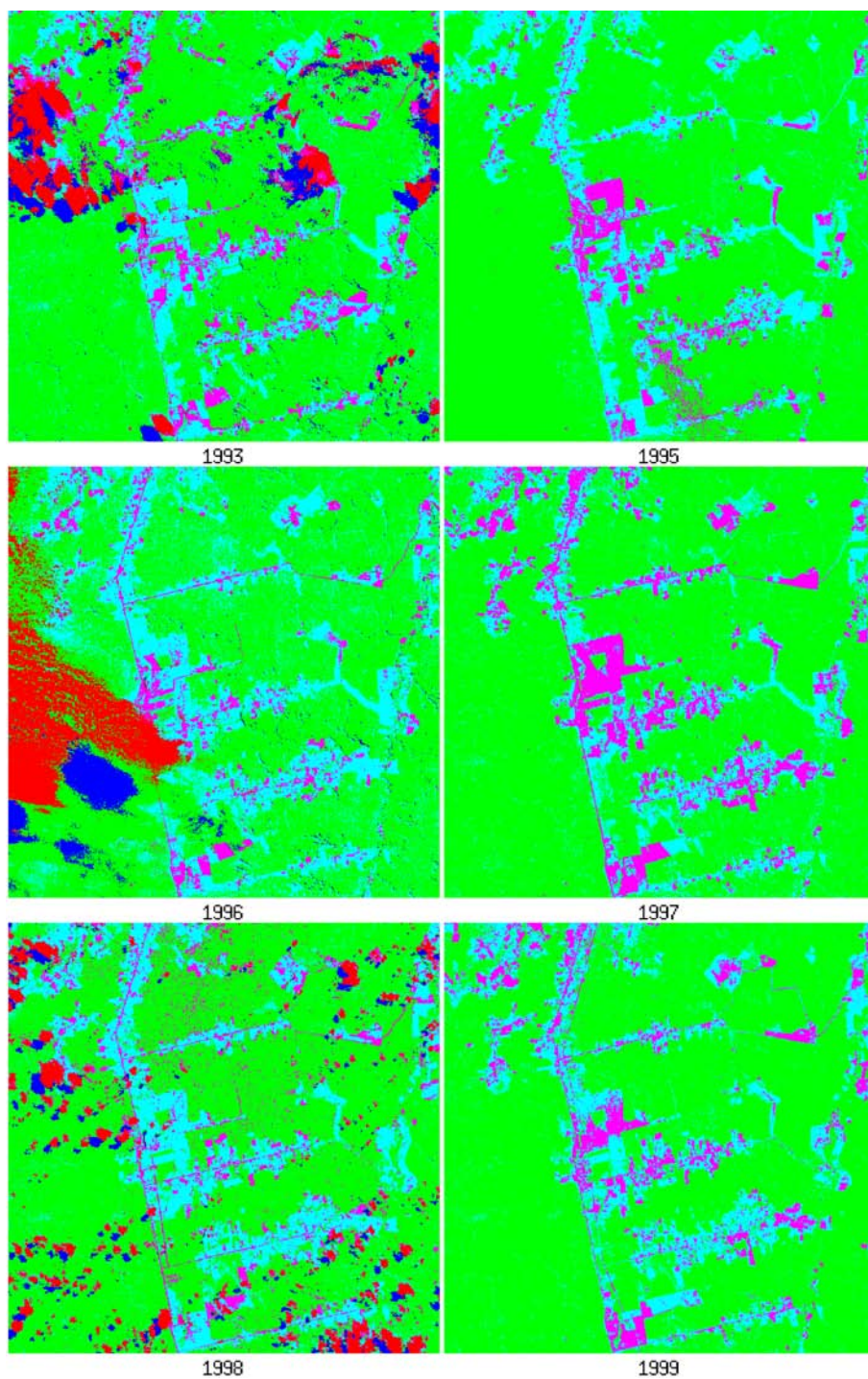


Figura B.2 - Imagens classificadas referentes aos anos de 1993, 1995, 1996, 1997, 1998 e 1999.

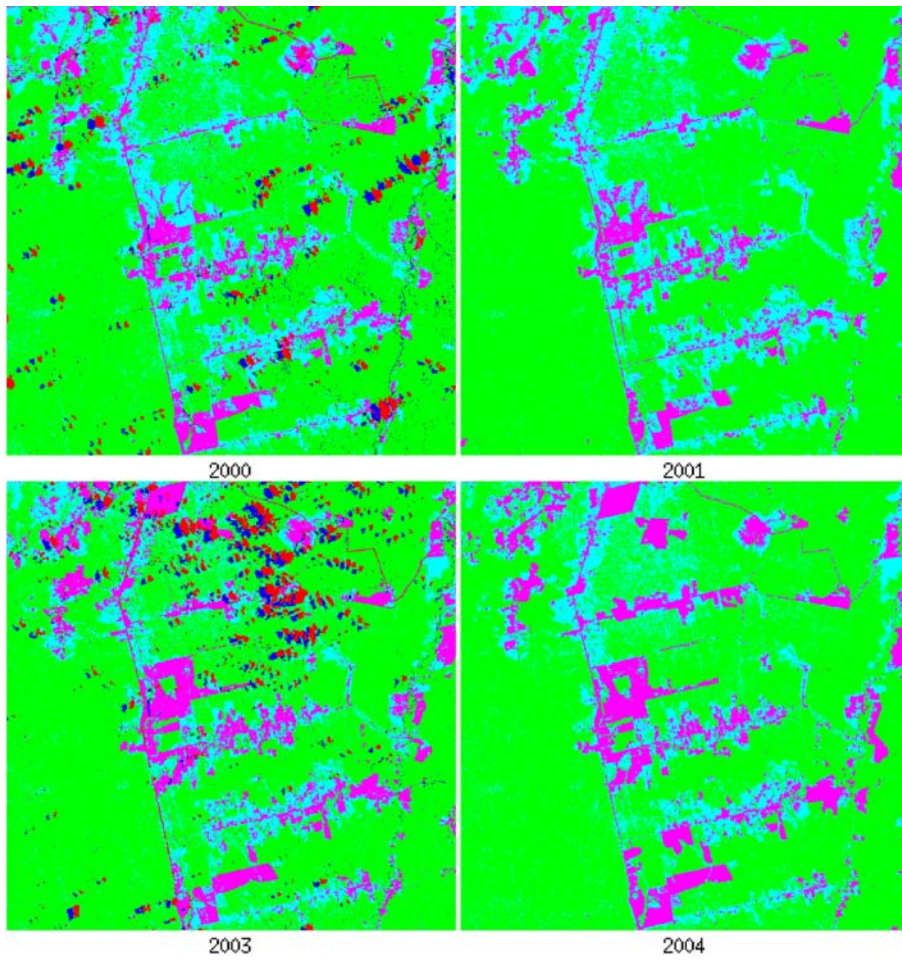


Figura B.3 - Imagens classificadas referentes aos anos de 2000, 2001, 2003 e 2004.

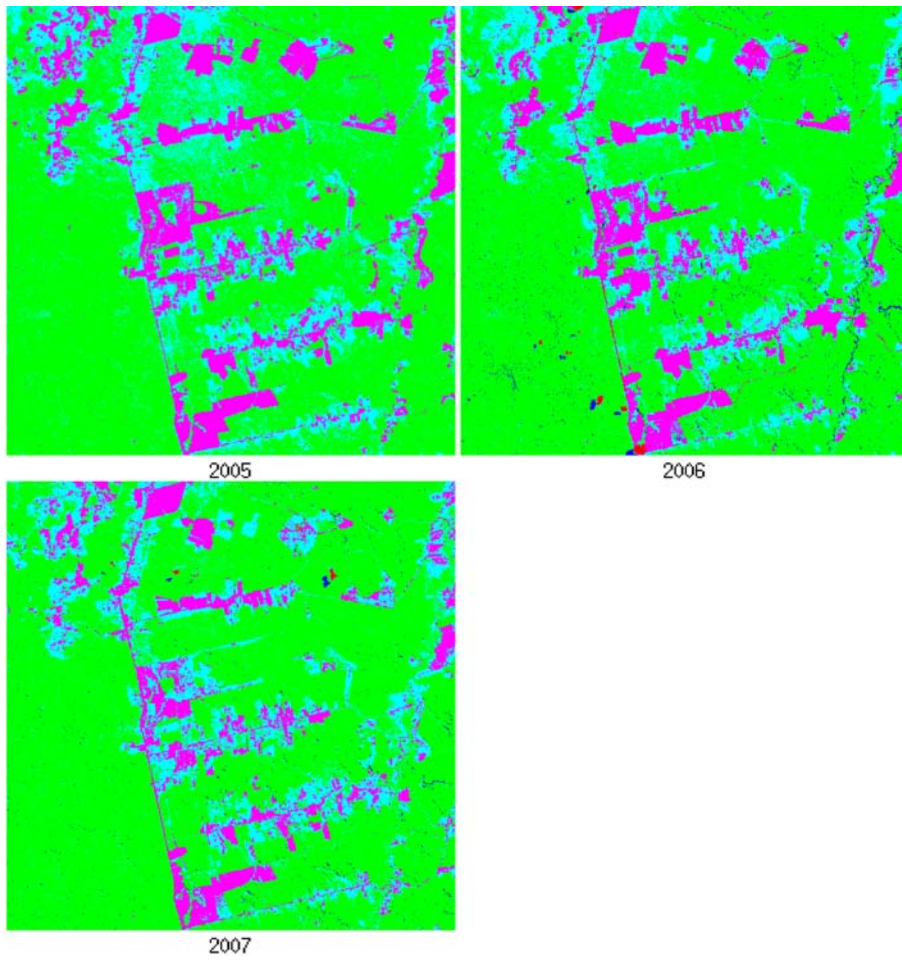


Figura B.4 - Imagens classificadas referentes aos anos de 2005, 2006 e 2007.

C CODIGO FONTE DA FERRAMENTA DESENVOLVIDA

```

1  PRO INTERFACE
Common PkgHeader, PATHS
Common PkgProjPath, GERAL_Path
Common PkgInterface, XRES, YRES, GROWING, CHANGES, DISCREPANCY

MainBase = Widget_Base(Title = 'BOCA_-_BOundry_ChAnGes', /COLUMN)
ProjBase = Widget_Base(MainBase, /ROW, /FRAME, /BASE_ALIGN_CENTER, XSIZE = 230,$
    YSIZE = 50, YOFFSET = 0 )
ProjLabel = Widget_Label(ProjBase, value = 'Project:', /Align_Left)
buttonPROJ = Widget_Button(ProjBase, Value = 'Directory', /Align_CENTER, Xsize = 60)
11 buttonFILE = Widget_Button(ProjBase, Value = 'Main_File', /Align_CENTER, Xsize = 60)

ParamBase = Widget_Base(MainBase, /COLUMN, /FRAME, /BASE_ALIGN_LEFT, XSIZE = 230,$
    YSIZE = 80, YOFFSET = 55 )
ParamLabel = Widget_Label(ParamBase, value = 'Precision_Parameters:', /Align_Left, YOFFSET = 0)
XResField = Cw_Field(ParamBase, /INTEGER, Xsize = 3, Title = 'Horiz._Re-sampling:', $
    ysize=300, value=10)
YResField = Cw_Field(ParamBase, /INTEGER, Xsize = 3, Title = 'Vert._Re-sampling:', $
    ysize=300, value=10)

21 RegBase = Widget_Base(MainBase, /COLUMN, /FRAME, /BASE_ALIGN_LEFT, XSIZE = 230,$
    YSIZE = 50, YOFFSET = 55 )
RegLabel = Widget_Label(RegBase, value = 'Parameters_for_Regions_of_Regeneration:', $
    /Align_Left, YOFFSET = 0)
RegField = Cw_Field(RegBase, /INTEGER, Xsize = 3, Title = '#_of_Early_Obs.:', $
    ysize=300, value=2)

AtvBase = Widget_Base(MainBase, /COLUMN, /FRAME, /BASE_ALIGN_LEFT, XSIZE = 230,$
    YSIZE = 75, YOFFSET = 55 )
AtvLabel = Widget_Label(AtvBase, value = 'Parameters_for_Regions_of_Economic_Activity:', $
    /Align_Left, YOFFSET = 0)
31 ChangeField = Cw_Field(AtvBase, /INTEGER, Xsize = 3, Title = 'Min_of_Changes:', $
    ysize=300, value=1)
DiscrepField = Cw_Field(AtvBase, /INTEGER, Xsize = 3, Title = 'Max_Discrepancy:', $
    ysize=300, value=3)

ExecBase = Widget_Base(MainBase, /COLUMN, /FRAME, /BASE_ALIGN_CENTER, XSIZE = 230,$
    YSIZE = 50, YOFFSET = 0 )
buttonRUN = Widget_Button(ExecBase, Value = 'RUN!', Xsize = 60)
buttonCANCEL = Widget_Button(ExecBase, Value = 'CANCEL', Xsize = 60)

41 Widget_Control, MainBase, /Realize

WHILE widget_info(MainBase, /valid) DO BEGIN
    Event = Widget_Event(MainBase, bad_id=bad_id)
    CASE Event.id OF
        buttonPROJ: BEGIN
            GERAL_Path = DIALOG_PICKFILE(/DIRECTORY, TITLE="Choose a directory...")
            END
        buttonFILE: BEGIN
            Read_Header
            END
51        buttonRUN: BEGIN
            Widget_Control, XResField, Get_Value = XRES
            Widget_Control, YResField, Get_Value = YRES
            Widget_Control, RegField, Get_Value = GROWING
            Widget_Control, ChangeField, Get_Value = CHANGES
            Widget_Control, DiscrepField, Get_Value = DISCREPANCY
            Widget_Control, MainBase, /Destroy
            T0 = SYSTIME(/SECOND)
61        DefDetec
            T1 = SYSTIME(/SECOND)
            print, T1-T0, 'seconds ... '
            END
        buttonCANCEL: BEGIN
            Widget_Control, MainBase, /Destroy
            END
    ENDCASE
ENDWHILE
END
71
:#####

```

```

PRO DefDetec
Common PkgProcess , GRID_Exit
Common PkgLabels , F_Label , C_Label , S_Label , B_Label , R_Label
Common PkgInterface , XRES , YRES , GROWING , CHANGES , DISCREPANCY
Common PkgHeader , PATHS
Common PkgProjPath , GERAL_Path
Common PkgBase , BASE_Map

81 PATH_OUT = STRARR(N_ELEMENTS(PATHS))

;Processing the classified maps
FOR i = 0, N_ELEMENTS(PATHS)-1 DO BEGIN
    SPLIT = STRSPLIT(PATHS[i], '\',/EXTRACT)
    FINAL = SPLIT[N_ELEMENTS(SPLIT)-1]
    PATH_OUT[i] = GERAL_Path+'GRID_'+FINAL
    COMPACT_MAP, PATHS[i], PATH_OUT[i]
ENDFOR

91 ;Restoring the processed data...
TGRID = INTARR(N_ELEMENTS(PATHS),3,N_ELEMENTS(GRID_Exit[0,*,0]),N_ELEMENTS(GRID_Exit[0,0,*]))
FOR i = 0, N_ELEMENTS(PATHS)-1 DO BEGIN
    IMG = READ_TIFF(PATH_OUT[i])
    TGRID[i,*,*] = IMG[*,*,*]
    CSR_EXCLUDE, TGRID, i
ENDFOR

BASE = READ_TIFF(BASE_Map)

101 ;Mining the information
FOREST = DET_FOREST(TGRID)
WRITE_TIFF,GERAL_Path+'FOREST.tif',FOREST
MASK = BUILD_MASK(FOREST)
MAP = MAKEMAP(BASE,MASK)
WRITE_TIFF,GERAL_Path+'MASK_FOREST.tif',MAP

REGEN = DET_REGEN(TGRID,GROWING)
WRITE_TIFF,GERAL_Path+'REGENERATION.tif',REGEN
111 MASK = BUILD_MASK(REGEN)
MAP = MAKEMAP(BASE,MASK)
WRITE_TIFF,GERAL_Path+'MASK_REGENERATION.tif',MAP

ACTIVITY = DET_ECONOMIC(TGRID,GROWING,DISCREPANCY,CHANGES)
WRITE_TIFF,GERAL_Path+'ECONOMIC.tif',ACTIVITY
MASK = BUILD_MASK(ACTIVITY)
MAP = MAKEMAP(BASE,MASK)
WRITE_TIFF,GERAL_Path+'MASK_ECONOMIC.tif',MAP

121 END

#####

PRO COMPACT_MAP, PATHLIN, PATHOUT
Common PkgProcess , Grid_Exit
Common PkgInterface , XRES , YRES , GROWING , CHANGES , DISCREPANCY
Common PkgHeader , PATHS
Common PkgProjPath , GERAL_Path
Common PkgLabels , F_Label , C_Label , S_Label , B_Label , R_Label

131 Close , /ALL
IMG = READ_TIFF(PATHLIN)
BLOCK = INTARR(3,XRES,YRES)
CLASS = INTARR(3,5)
CLASS[* ,0] = B_Label
CLASS[* ,1] = F_Label
CLASS[* ,2] = R_Label
CLASS[* ,3] = C_Label
CLASS[* ,4] = S_Label
141 CLASS_Name = ['SE' , 'FLO' , 'REG' , 'NUV' , 'SOM']

;GETTING INFORMATIONS....
IMG_Dim = SIZE(IMG,/DIMENSION) ;BANDS/LENGHT/WIDTH

```

```

;SOME CALCULUS.....
X = FIX(IMG_Dim[1]/XRES) ; Define the number of blocks, by line (lost some information)
Y = FIX(IMG_Dim[2]/YRES) ; Define the number of blocks, by column (lost some information)
GRID = INTARR(3,X,Y)

151 FOR i = 0, X-1 DO BEGIN
    FOR j = 0, Y-1 DO BEGIN
        FOR k = 0, XRES-1 DO BEGIN
            FOR l = 0, YRES-1 DO BEGIN
                BLOCK[* ,k,l] = IMG[* ,(i*XRES + k) ,(j*YRES + 1)]
            ENDFOR
        ENDFOR
        ;Return the number of elements/class inside the block
        CLASS_Occur = COUNT_CLASS(BLOCK, CLASS, CLASS_Name)
        WIN = WHERE(CLASS_Occur EQ MAX(CLASS_Occur))
161 GRID[* ,i ,j] = CLASS[* ,WIN[0]]
    ENDFOR
ENDFOR

WRITE_TIFF,PATHOUT,GRID
Grid_Exit = GRID

END

#####

171 FUNCTION COUNT_CLASS, BLOCK, CLASS, CLASS_Name
;Return the number of elements of each class inside the block analysed
;The returned value <GROUP> is a vector with the number of occureces in each class

GROUP = INTARR(N_ELEMENTS(CLASS_Name))
AUX = INTARR(N_ELEMENTS(CLASS_Name))

FOR i = 0, N_ELEMENTS(BLOCK[0,* ,0]) - 1 DO BEGIN
    FOR j = 0, N_ELEMENTS(BLOCK[0,0,*]) - 1 DO BEGIN
181     FOR k = 0, N_ELEMENTS(CLASS_Name) - 1 DO BEGIN
        AUX[k] = NORM(BLOCK[* ,i ,j] - CLASS[* ,k])
        ENDFOR
        ++GROUP(WHERE(AUX EQ 0))
    ENDFOR
ENDFOR

Return, GROUP
END

#####

191 PRO CSR_EXCLUDE, TGRID, SEQ_Pos
Common PkgLabels, F_Label, C_Label, S_Label, B_Label, R_Label

FOR i = 0, N_ELEMENTS(TGRID[0,0,* ,0]) - 1 DO BEGIN
    FOR j = 0, N_ELEMENTS(TGRID[0,0,0,*]) - 1 DO BEGIN
        IF ((SEQ_Pos EQ 0) && ((NORM(TRANPOSE(TGRID[SEQ_Pos,* ,i ,j]) - C_Label) EQ 0) || $
            (NORM(TRANPOSE(TGRID[SEQ_Pos,* ,i ,j]) - S_Label) EQ 0))) THEN BEGIN
201             TGRID[SEQ_Pos,0,i ,j] = F_Label[0]
             TGRID[SEQ_Pos,1,i ,j] = F_Label[1]
             TGRID[SEQ_Pos,2,i ,j] = F_Label[2]
        ENDIF
        IF ((SEQ_Pos NE 0) && ((NORM(TRANPOSE(TGRID[SEQ_Pos,* ,i ,j]) - C_Label) EQ 0) || $
            (NORM(TRANPOSE(TGRID[SEQ_Pos,* ,i ,j]) - S_Label) EQ 0))) THEN BEGIN
             TGRID[SEQ_Pos,0,i ,j] = TGRID[SEQ_Pos-1,0,i ,j]
             TGRID[SEQ_Pos,1,i ,j] = TGRID[SEQ_Pos-1,1,i ,j]
             TGRID[SEQ_Pos,2,i ,j] = TGRID[SEQ_Pos-1,2,i ,j]
        ENDIF
    ENDFOR
211 ENDFOR

END

#####

FUNCTION DET_FOREST, TGRID
Common PkgLabels, F_Label, C_Label, S_Label, B_Label, R_Label

```

```

221 FOREST_Area = INTARR(3,N_ELEMENTS(TGRID[0,0,*,0]),N_ELEMENTS(TGRID[0,0,0,*]))
FOR i = 0, N_ELEMENTS(TGRID[0,0,*,0]) - 1 DO BEGIN ; Varying the spacial information...
  FOR j = 0, N_ELEMENTS(TGRID[0,0,0,*]) - 1 DO BEGIN
    X = 0
    FOR k = 0, N_ELEMENTS(TGRID[*,0,0,0]) - 1 DO BEGIN ; Varying the temporal information...
      IF (NORM(TGRID[k,*,i,j] - F_Label) NE 0) THEN ++X
    ENDFOR
    IF (X EQ 0) THEN FOREST_Area[*,i,j] = F_Label
  ENDFOR
ENDFOR
231 Return, FOREST_Area
END

;#####

FUNCTION DET_REGEN, TGRID, GROWING ; R_Label, F_Label ; F/C/S = FOREST/CLOUD/SHADOW
Common PkgLabels, F_Label, C_Label, S_Label, B_Label, R_Label

241 REG_Area = INTARR(3,N_ELEMENTS(TGRID[0,0,*,0]),N_ELEMENTS(TGRID[0,0,0,*]))
FOR i = 0, N_ELEMENTS(TGRID[0,0,*,0]) - 1 DO BEGIN
  FOR j = 0, N_ELEMENTS(TGRID[0,0,0,*]) - 1 DO BEGIN
    X = 0
    Y = 0
    FOR k = (N_ELEMENTS(TGRID[*,0,0,0]) - (GROWING)), (N_ELEMENTS(TGRID[*,0,0,0]) - 1) DO BEGIN
      IF (NORM(TGRID[k,*,i,j] - R_Label) EQ 0) THEN ++X
      IF (NORM(TGRID[k,*,i,j] - F_Label) EQ 0) THEN ++Y
    ENDFOR
    IF ((X+Y) EQ GROWING) && (X GE Y) THEN BEGIN
251 REG_Area[*,i,j] = R_Label
    ENDIF
  ENDFOR
ENDFOR

Return, REG_Area
END

;#####

261 FUNCTION DET_ECONOMIC, TGRID, GROWING, DISCREPANCY, CHANGES
Common PkgLabels, F_Label, C_Label, S_Label, B_Label, R_Label

; Parameters...
; Early: K last observations.
; Discrep: Criterion to decide if is or not a region of frequent changes.
; FILTER 1: The K lasts observations are diferent of Bare Soil?
; ; If yes... isn't a economic region!
; FILTER 2: The maximum discrepancy between differents observations of Bare Soil are found?
; ; If no... isn't a economic region!

271 ECONO_Area = INTARR(3,N_ELEMENTS(TGRID[0,0,*,0]),N_ELEMENTS(TGRID[0,0,0,*]))

; FILTER 1
FOR i = 0, N_ELEMENTS(TGRID[0,0,*,0]) - 1 DO BEGIN ; Varying the spacial information...
  FOR j = 0, N_ELEMENTS(TGRID[0,0,0,*]) - 1 DO BEGIN
    X = 0
    FOR k = (N_ELEMENTS(TGRID[*,0,0,0]) - (GROWING)), (N_ELEMENTS(TGRID[*,0,0,0]) - 1) DO BEGIN
      IF (NORM(TGRID[k,*,i,j] - B_Label) EQ 0) THEN ++X
    ENDFOR
281 IF (X GT 0) THEN BEGIN
    ; FILTER 2
    A_back = 0
    A_front = 0
    Y = 0
    FOR k = 0, N_ELEMENTS(TGRID[*,0,0,0]) - 1 DO BEGIN
      IF (NORM(TGRID[k,*,i,j] - B_Label) EQ 0) THEN BEGIN
291 A_back = A_front
        A_front = k
        Disc = A_front - A_back
        IF (Disc LE DISCREPANCY) THEN ++Y
      ENDIF
    ENDFOR
  ENDFOR
ENDFOR

```

```

        ENDIF
      ENDFOR
      IF (Y GE CHANGES) THEN BEGIN
        ECONO_Area[* , i , j] = B_Label
      ENDIF
    ENDFOR
  ENDFOR
301 Return , ECONO_Area
END

;#####

FUNCTION BUILD_MASK, MAP
Common PkgInterface , XRES, YRES, GROWING, CHANGES, DISCREPANCY

MASK = INTARR(XRES*N_ELEMENTS(MAP[0 , * , 0]) , YRES*N_ELEMENTS(MAP[0 , 0 , *]))

311 FOR i = 0, N_ELEMENTS(MAP[0 , * , 0]) - 1 DO BEGIN
  FOR j = 0, N_ELEMENTS(MAP[0 , 0 , *]) - 1 DO BEGIN
    FOR k = i*XRES, (i*XRES)+XRES-1 DO BEGIN
      FOR l = j*YRES, (j*YRES)+YRES-1 DO BEGIN
        IF (NORM(MAP[* , i , j]) EQ 0) THEN MASK[k , l] = 0 ELSE MASK[k , l] = 1
      ENDFOR
    ENDFOR
  ENDFOR
ENDFOR

321 Return , MASK
END

;#####

FUNCTION MAKEMAP, MAP, MASK

PROD = INTARR(3 , N_ELEMENTS(MAP[0 , * , 0]) , N_ELEMENTS(MAP[0 , 0 , *]))

331 FOR i = 0, N_ELEMENTS(MASK[0 , * , 0]) - 1 DO BEGIN
  FOR j = 0, N_ELEMENTS(MAP[0 , 0 , *]) - 1 DO BEGIN
    PROD[* , i , j] = MAP[* , i , j]*MASK[i , j]
  ENDFOR
ENDFOR

Return , PROD
END

;#####

341 PRO EVOLUTION, TGRID, MASK, LABEL, SIZE_X, SIZE_Y, PATH

OCC = 0
FOR i = 0, N_ELEMENTS(MASK[0 , * , 0]) - 1 DO BEGIN
  FOR j = 0, N_ELEMENTS(MASK[0 , 0 , *]) - 1 DO BEGIN
    IF (NORM(MASK[* , i , j] - LABEL) EQ 0) THEN ++OCC
  ENDFOR
ENDFOR

TABLE = INTARR(3 , N_ELEMENTS(TGRID[* , 0 , 0 , 0]) , OCC)

351 Pos = 0
FOR i = 0, N_ELEMENTS(MASK[0 , * , 0]) - 1 DO BEGIN
  FOR j = 0, N_ELEMENTS(MASK[0 , 0 , *]) - 1 DO BEGIN
    IF (NORM(MASK[* , i , j] - LABEL) EQ 0) THEN BEGIN
      FOR k = 0, N_ELEMENTS(TGRID[* , 0 , 0 , 0]) - 1 DO BEGIN
        TABLE[* , k , Pos] = TGRID[k , * , i , j]
      ENDFOR
      ++Pos
    ENDIF
  ENDFOR
ENDFOR

361

GRAPH = INTARR(3 , N_ELEMENTS(TGRID[* , 0 , 0 , 0])*SIZE_X , OCC*SIZE_Y)

```



```
FOR i = 0, NELEMENTS(TGRID[* ,0,0,0]) -1 DO BEGIN
  FOR j = 0, OCC-1 DO BEGIN
    FOR k = 0, SIZE_X-1 DO BEGIN
      FOR l = 0, SIZE_Y-1 DO BEGIN
        GRAPH[* ,(i*SIZE_X)+k,(j*SIZE_Y)+1] = TABLE[* ,i ,j]
371      IF ((k EQ 0)|| (k EQ (SIZE_X-1))||(l EQ 0)|| (l EQ (SIZE_Y-1))) THEN $
        GRAPH[* ,(i*SIZE_X)+k,(j*SIZE_Y)+1] = 0
      ENDFOR
    ENDFOR
  ENDFOR
ENDFOR

WRITE_TIFF ,PATH,GRAPH
END

381 ;#####
```

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programas de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. Aceitam-se tanto programas fonte quanto os executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.