

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-5541-TDI/529

ESTRATIFICAÇÃO DE ÁREAS DESFLORESTADAS POR TIPOS DE  
VEGETAÇÃO DA AMAZÔNIA, UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES  
GEOGRÁFICAS: ESTUDO DE CASO NA FOLHA SB20 PURUS

Jussara Dolfini de Oliveira

Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto orientada  
pelo Dr. Diógenes Salas Alves, aprovada em 26 de julho de  
1993.

INPE  
São José dos Campos  
novembro 1993

528.8(811.3)

OLIVEIRA, J.D.DE

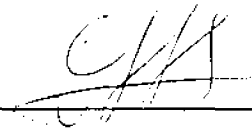
Estratificação de áreas desflorestadas por tipos de vegetação da Amazônia, utilizando sistema de informações geográficas: estudo de caso na folha SB20 Purus / J. D. de Oliveira. -- São José dos Campos : INPE, 1993.

130p. - (INPE-5541-TDI/529)

1. Deflorestamento. 2. Amazônia (região)  
3. Purus (AM). I. Título.

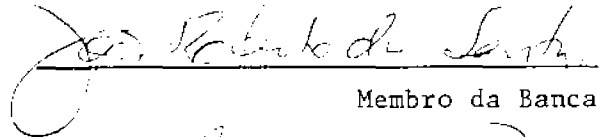
Aprovada pela Banca Examinadora  
em cumprimento a requisito exigido  
para a obtenção do Título de Mestre  
em Sensoriamento Remoto

Dr. Diógenes Salas Alves



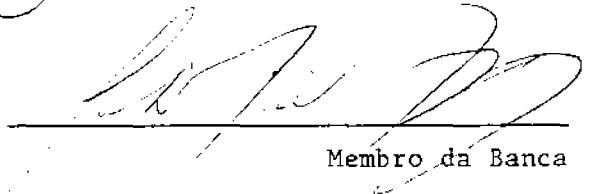
Orientador/Presidente

Dr. João Roberto dos Santos



Membro da Banca

Dr. Getúlio Teixeira Batista



Membro da Banca

Dr. Bráulio de Souza Dias



Membro da Banca  
- Convidado -

Candidata: Jussara Dolfini de Oliveira

São José dos Campos, 26 de julho de 1993



Dedico ao Manoel,

pelo seu carinho, compreensão, estímulo e paciência que me foram dispensados, principalmente na fase final deste trabalho. Pela abnegação do futebol e participação em todos os momentos.



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo carinho e incentivo que sempre me foram dedicados.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico, pela bolsa de estudos, e à IBM do Brasil pelo crédito depositado para a conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Diógenes Salas Alves pela orientação, incentivo e amizade que tornaram possível a realização deste.

Ao Dr. João Roberto dos Santos, Dra. Thelma Krug e ao pesquisador Júlio C.L. d'Alge pela orientação e pelas sugestões no decorrer do trabalho.

À Carlos A. Felgueiras, Laércio M. Namikawa, José C. Moreira, Eliana M. K. Mello, Eugênio S de Almeida, José Simeão de Medeiros, Guaracy J. Erthal, Marcos L. Kazmierczak e Maria Isabel S. Escada pelas sugestões na definição da metodologia e desenvolvimento de software para o processamento dos dados no SGI.

À todos aqueles que direta ou indiretamente, com amizade e atenção, participaram do desenvolvimento deste trabalho.





## RESUMO

Foi desenvolvida uma metodologia para estratificação de áreas desflorestadas por tipos de vegetação da Amazônia, utilizando técnicas de geoprocessamento. Este trabalho abordou a integração de dados em escalas e projeções diferentes, tendo como área teste a carta ao milionésimo SB20 Purus. Duas fontes de dados foram utilizadas: dados de desflorestamento e vegetação interpretados a partir de imagens Landsat/TM, em escala 1:250.000 em projeção UTM e dados de vegetação mapeados pelo projeto RadamBrasil na escala 1:1.000.000 em projeção Cônica Conforme de Lambert. A integração destes dados foi realizada em Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitindo a geração de tabelas com dois conjuntos de resultados: a estratificação do desflorestamento por tipos de vegetação e a associação dos dois grupos de dados de vegetação, sendo que a avaliação conjunta dos mesmos mostrou que a metodologia desenvolvida atingiu o objetivo proposto. Os resultados mostraram uma concordância em torno de 91% para as áreas com fisionomia florestal mapeadas nos dois produtos. Pôde-se verificar, no entanto, que aproximadamente 2,95% das áreas mapeadas como floresta pelo projeto Amazônia incidiram em áreas classificadas como não floresta pelo projeto RadamBrasil, o que foi um indicativo de diferença na classificação temática, bem como na posição das feições equivalentes dos dois mapeamentos. A ocorrência de 9,59% de desflorestamento em áreas mapeadas como não floresta pelo projeto RadamBrasil evidenciou tais diferenças, as quais puderam ser comprovadas com o auxílio das imagens Landsat/TM das áreas de dúvida. A análise qualitativa dos resultados sugeriu que a metodologia pode ser aplicada para o restante da Amazônia, porém a análise dos dados para o restante da área deve ser feita individualmente, sem extrapolar as conclusões obtidas com a área teste. Com os resultados encontrados pôde-se considerar, também, aspectos importantes para trabalhos futuros, interessados em fazer inferências sobre efeito estufa, a partir de dados de desflorestamento associados aos dados de vegetação mapeados pelo projeto RadamBrasil.



**STRATIFICATION OF DEFORESTED AREAS BY VEGETATION TYPES IN  
AMAZONIA, USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: STUDY OF  
CASE AT SB20 PURUS MAP**

**Abstract**

A methodology to stratify deforested areas by Amazonia vegetation types, using geoprocessing techniques was tested for SB20 Purus map. The approach concerns the integration of different scales and projections data, so two datasets were considered: deforestation and vegetation maps from Landsat/TM imagery (1:250,000 scale and UTM projection) and RadamBrasil vegetation map (1:1,000,000 scale and Lambert Conformal Conic projection). These datasets were integrated using Geographic Information Systems (GIS), producing as results the stratification of deforested areas by vegetation types and the relationship between the two vegetation datasets. The adopted method made possible the proposed objective and the results showed that about 91% of forested areas had been equal classified in both of products. However, it was possible to verify that about 2,95% of forested areas in RadamBrasil were classified as non-forested in Amazonia project, and it was a sign of differences in thematic classification, as well as in the position of the equivalent features. The occurrence of 9,59% of deforestation in RadamBrasil non-forested areas was an evidence of these differences that could be confirmed with Landsat/TM imagery. A qualitative analysis of the results suggested application of the methodology to the whole Amazonia, but the analysis must be done individual. These results made possible too, considering some important aspects to future works that have been interested in anthropogenic emissions of greenhouse gases using deforested areas related to biomass and radamBrasil vegetation maps.



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE TABELAS.....	xvii
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....</u>	<u>1</u>
<u>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA.....</u>	<u>5</u>
2.1 - Considerações gerais sobre desflorestamento....	5
2.2 - Aplicações de sensoriamento remoto para detecção e avaliação de desflorestamento.....	8
2.3 - Sistemas de Informações Geográficas - SIGs.....	11
2.3.1 - Componentes de um SIG.....	12
2.3.1.1 - Entrada de dados.....	12
2.3.1.2 - Formatos de representação.....	13
2.3.1.3 - Gerenciamento dos dados.....	14
2.3.1.4 - Manipulação e análise dos dados.....	14
2.3.1.5 - Saída dos dados.....	15
2.3.2 - O sistema de informações geográficas SGI/INPE	15
2.3.3 - Qualidade de dados em SIGs.....	17
2.3.3.1 - Tratamento de erros.....	24
2.4 - SIG e desflorestamento.....	28
2.5 - Projeções cartográficas - considerações gerais.	32
2.5.1 - Projeção cônica conforme de Lambert.....	33
2.5.2 - Projeção policônica.....	34
2.5.3 - O sistema UTM.....	36
<u>CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS.....</u>	<u>37</u>
3.1 - Descrição da área de estudo.....	37
3.2 - Material.....	39
3.2.1 - Dados do Sistema de Informações Amazônia.....	39

3.2.1.1 - Dados de desflorestamento e fisionomia florestal.....	41
3.2.1.2 - Dados de vegetação.....	43
3.3 - Métodos.....	48
3.3.1 - Seleção da projeção de trabalho.....	49
3.3.2 - Procedimentos no SGI/Sistema de Informações Amazônia.....	50
<u>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	61
4.1 - Considerações metodológicas.....	61
4.1.1 - Projeção adotada para o cruzamento dos planos de fisionomia florestal e vegetação.....	61
4.1.2 - Definição da resolução da imagem.....	63
4.2 - Resultados da integração dos dados.....	65
4.2.1 - Resultados do cruzamento entre os planos de antropismo e vegetação.....	65
4.2.2 - Resultados do cruzamento entre os planos de fisionomia florestal e vegetação.....	73
4.3 - Análise dos resultados.....	75
<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</u>	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
APÊNDICE A - LEGENDA DO MAPA FITOECOLÓGICO DA FOLHA B20 PURUS, PROJETO RADAMBRASIL - ESCALA 1:1.000.000.....	105
APÊNDICE B - ESTATÍSTICA DOS DADOS VETORIAIS E RASTER - "TESTE t".....	107
APÊNDICE C - RESULTADOS DO CRUZAMENTO DOS PLANOS DE VEGETAÇÃO E FISIONOMIA FLORESTAL PARA OS MÓDULOS V, X, Y E Z.....	113

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Diagrama esquemático de um SIG para gerenciamento de dados.....	12
2.2 - Exemplo da digitalização de uma linha curva....	21
2.3 - (a) Mapa vetorial original de três regiões; (b) O mesmo mapa digitalizado usando uma grade quadrada de 16x16; (c) idem, porém digitalizado com uma grade quadrada de 32x32.....	23
2.4 - Zonas de erro e ambiguidade de escolha para o ponto pertencer ou não ao polígono .....	26
3.1 - Localização do módulo de estudo .....	39
3.2 - Recobrimento da Amazônia Legal com cartas 1:2.500.000 e 1:1.000.000 .....	42
3.3 - Exemplo de carta MIR, mostrando as 4 cenas Landsat/TM que a recobrem, escala 1:2.500.000 (sobreposição entre as cenas não mostrada).....	43
3.4 - Mapa digitalizado de vegetação da Amazônia Legal em escala 1:20.000.000.....	45
3.5 - Mapa fitoecológico em projeção cônica conforme de Lambert e escala 1:1.000.000 - folha SB20 Purus.....	50
3.6 - Fluxograma da metodologia empregada no desenvolvimento da pesquisa.....	52
3.7 - Carta ao milionésimo (SB20 Purus) com as 16 folhas 1:250.000 que a compõem, ilustrando a divisão em módulos .....	54
3.8 - Exemplo do procedimento para conversão de projeção e mosaico vetorial dos Pis de antropismo, no módulo V .....	55
3.9 - Exemplo do procedimento de conversão de projeção para os Pis de fisionomia florestal, no módulo V.....	56

4.1 - Representação esquemática do aparecimento de áreas não classificadas na formação da imagem no SGI: (a) para projeção UTM; (b) para projeção Lambert.....	63
4.2 - Ilustração da área da carta digitalizada em relação à área do projeto.....	78
4.3 - Gráfico apresentando a incidência do antropismo nas classes de vegetação agrupadas do Radam....	80
4.4 - Diferença de classificação entre a vegetação mapeada pelos projetos Amazônia e RadamBrasil:(a) ampliação apresentando área classificada pelo projeto RadamBrasil; (b) ampliação apresentando a mesma área, porém classificada pelo projeto Amazônia; (c) imagem resultante do cruzamento dos planos (a) e (b), realçando a diferença de classificação entre os dois produtos.....	82
4.5 - Imagem Landsat/TM, composição 3,4,5 (associada às cores azul, verde e vermelho respectivamente), evidenciando a área classificada como fisionomia florestal no projeto Amazônia.....	84
4.6 - Diferença de classificação temática entre áreas morfologicamente iguais nos dois produtos: (a) ampliação da área classificada pelo projeto RadamBrasil; (b) ampliação da área classificada pelo projeto Amazônia; (c) imagem resultante do cruzamento de (a) e (b).....	85
4.7 - Imagem Landsat/TM, composição 3, 4,5 (associada às cores azul, verde e vermelho respectivamente), mostrando a resposta espectral (cor magenta) característica de vegetação sem fisionomia florestal.....	86
4.8 - Imagem realçando, em verde, diferença na posição do rio Purus mapeado nos dois projetos.....	87



4.9 - Constatação de corpos d'água mapeados no projeto Amazônia, que não se encontram no projeto RadamBrasil: (a) ampliação da área no projeto Amazônia; (b) ampliação da área no projeto RadamBrasil .....

90



LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Dados que compõem o sistema Amazônia.....	40
4.1 - Resultado do cruzamento antropismo e vegetação para o módulo V.....	66
4.2 - Resultado do cruzamento antropismo e vegetação para o módulo X.....	67
4.3 - Resultado do cruzamento antropismo e vegetação para o módulo Y.....	69
4.4 - Resultado do cruzamento antropismo e vegetação para o módulo Z.....	70
4.5 - Resultado total do cruzamento antropismo e vegetação para a folha SB20 Purus.....	71
4.6 - Resultado total do cruzamento vegetação e fisiologia florestal para a folha SB20 - Purus.....	74
4.7 - Resultado do cruzamento entre o PI de antropismo e o PI de vegetação com as classes agrupadas	76
4.8 - Percentual do cruzamento das classes de vegetação em relação ao total de cada classe do PI de antropismo.....	78
4.9 - Resultado do cruzamento entre os planos de FFST e vegetação agrupada.....	79
4.10 - Percentual do cruzamento das classes de vegetação em relação ao total de cada classe do PI FFST.....	88
B.1 - Comparação com algoritmo do SGI, em Km <sup>2</sup> - Raster2.....	108
B.2 - Comparação com algoritmo raster adaptado, em Km <sup>2</sup> - Raster XP2.....	110
C.1 - Resultado do cruzamento entre os planos de fisiologia florestal e vegetação, em Km <sup>2</sup> - módulo V.....	114

C.2 - Resultado do cruzamento entre os planos de fisionomia florestal e vegetação, em Km <sup>2</sup> - módulo X.....	115
C.3 - Resultado do cruzamento entre os planos de fisionomia florestal e vegetação, em Km <sup>2</sup> - módulo Y.....	116
C.4 - Resultado do cruzamento entre os planos de fisionomia florestal e vegetação, em Km <sup>2</sup> - módulo Z.....	117

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

As florestas tropicais, dentre as quais incluem-se as formações florestais da Amazônia Brasileira, constituem um grande reservatório de carbono e contam com aproximadamente 40% do total de biomassa das plantas terrestres (Rankin, 1979), realizando interações significativas com o clima e a química da atmosfera.

A Amazônia Brasileira é uma região com aproximadamente 5.000.000km<sup>2</sup>, abrangendo diferentes tipos de vegetação, e que tem sido alvo de atividades antrópicas que estão transformando regiões de florestas em áreas destinadas à agricultura e pastagens, além das atividades extrativistas que têm contribuído para a alteração do meio ambiente.

As alterações no uso da terra, particularmente o desflorestamento, vêm sendo consideradas como um fator importante na emissão de gases que contribuem para o chamado efeito estufa.

Os principais gases que atuam na atmosfera contribuindo com o efeito estufa são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), sendo o dióxido de carbono considerado o mais importante deles (Moore III, 1993).

Observações pormenorizadas têm indicado que o CO<sub>2</sub> da atmosfera vem aumentando, sendo as principais causas deste aumento atribuídas à queima de combustíveis fósseis e à destruição de florestas (Brown et al., 1989).

Segundo Moore III (1993) as estimativas de emissões de gases ativos no efeito estufa, devido à alterações no uso da terra, variam consideravelmente por incertezas na área total de florestas alteradas e nas quantidades de biomassa (consequentemente de carbono) contidas nos diferentes ecossistemas.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), vem avaliando o desflorestamento na Amazônia Legal, onde as estimativas mais recentes correspondem à agosto de 1991, e apresentam o valor de 426.400km<sup>2</sup>, incluindo áreas inundadas por hidroelétricas e desflorestamentos antigos (INPE, 1992). Com o mapeamento do desflorestamento está se criando uma base de dados georeferenciada que consiste no Sistema de Informações Amazônia (Alves et al., 1992).

O Sistema de Informações Amazônia é composto de dados na forma digital, incluindo além das informações sobre desflorestamento em diversos períodos, limites de municípios e dados sobre a vegetação da Amazônia, provenientes dos mapas de vegetação do projeto RadamBrasil, constituindo uma base para estudos sobre as consequências dos impactos do desflorestamento induzido pelo homem.

Este trabalho teve por objetivo geral, propor uma metodologia para estratificação de áreas desflorestadas por tipos de vegetação da Amazônia, utilizando técnicas de geoprocessamento e tendo como área de estudo a carta ao milionésimo SB20 Purus.

Para atingir o objetivo proposto, deve-se considerar que a utilização efetiva de grandes volumes de dados, como é o caso da Amazônia, depende, sobretudo, da existência de um sistema de processamento que transforme os dados de entrada em informação útil. Os sistemas de informações geográficas (SIGs) constituem um instrumento apro-

priado para manipular dados espaciais em grandes quantidades.

Com base no objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Desenvolver um procedimento metodológico para integrar dados em escalas e projeções diferentes (dados de desflorestamento em escala 1:250.000 e projeção UTM, e dados de vegetação em escala 1:1.000.000 e projeção Cônica Conforme de Lambert), utilizando SIG;

- Definir uma resolução adequada para geração das imagens temáticas no SIG utilizado, para o cálculo de áreas;

- Avaliar os dados de vegetação do projeto RadamBrasil em relação aos dados de vegetação do projeto Amazônia;

- Avaliar o uso de imagens Landsat/TM na interpretação dos resultados.

A importância deste trabalho está relacionada à integração e produção de novos dados no Sistema de Informações Amazônia, visando auxiliar trabalhos futuros que tenham a intenção de associar dados de biomassa à áreas desflorestadas, fazendo uso dos dados de vegetação produzidos pelo projeto RadamBrasil e dos dados de desflorestamento produzidos pelo INPE.

Com este trabalho pretende-se dar uma contribuição no sentido de diminuir as incertezas quanto à área total antropizada, nos diferentes tipos de vegetação com elevada biomassa na folha SB20 Purus, podendo, em etapa posterior, avaliar a aplicabilidade destes resultados em termos de densidade de carbono.

O trabalho está organizado em cinco capítulos, sendo o primeiro de introdução e apresentação dos objetivos. O capítulo 2 apresenta uma revisão de assuntos correlatos ao trabalho proposto, abrangendo considerações sobre sensoriamento remoto e desflorestamento, uma vez que dados de desflorestamento gerados a partir de imagens do satélite Landsat-TM (Thematic Mapper) foram usados no trabalho e, sistemas de informações geográficas por constituírem a principal ferramenta de trabalho.

O capítulo 3 apresenta os materiais e os métodos empregados para o cumprimento dos objetivos, considerando a disponibilidade dos dados de desflorestamento e vegetação na Amazônia, as projeções cartográficas e escalas dos mesmos além das técnicas de processamento necessárias no SIG utilizado.

Os resultados obtidos com a metodologia proposta são apresentados e discutidos no capítulo 4, mostrando a estratificação do desflorestamento por tipos de vegetação, sendo as conclusões e recomendações encontradas no capítulo 5.



## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DE LITERATURA

A seguir, serão relatados temas relacionados com a pesquisa desenvolvida. Algumas considerações sobre desflorestamento, além de trabalhos relacionando desflorestamento, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG), são feitas.

#### 2.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE DESFLORESTAMENTO

O desflorestamento é considerado um aspecto importante da transformação que vem ocorrendo na Amazônia, sendo que o termo desflorestamento, usado neste trabalho, é o mesmo adotado pelo INPE (1991) no projeto Amazônia e corresponde ao resultado da retirada total ou parcial da floresta, caracterizado pela ação antrópica.

Segundo o World Resources Institute (1991), há três causas diretas para o desflorestamento tropical, que freqüentemente agem juntas na mesma área. A primeira causa é a conversão de florestas em agricultura e pecuária extensiva. A segunda causa é atribuída à extração de madeira, que na maioria das vezes danifica as árvores e abre novas áreas de floresta para colonização. Uma terceira causa de desflorestamento é a demanda por combustíveis, entre outros produtos.

Segundo Hall e Calle (1989), há dois tipos de atividade humana que estão atualmente resultando na liberação de dióxido de carbono para a atmosfera: a queima de combustíveis fósseis e a conversão de florestas em uso agrícola e pastagens.

O aumento de  $\text{CO}_2$  na atmosfera pode ser atribuído ao fato de que mais carbono está sendo liberado na atmosfera do que retido pela biota e pelos oceanos (Woodwell et al., 1983).

A concentração de dióxido de carbono, tem um papel crítico no controle do clima da terra; a queima de biomassa pode conduzir ao aumento de alguns gases na atmosfera, que podem reter a radiação emitida pela superfície da Terra, conservando calor (Woodwell, 1978; Brown, 1984; Moore III, 1993) e provocando mudanças climáticas através do efeito estufa.

Uma vez que a vegetação tenha sido retirada, os nutrientes são rapidamente lixiviados e o solo se torna infértil (Sioli, 1987), além de perder a capacidade de reter carbono, sendo que os óxidos de carbono retidos são liberados rapidamente se as árvores forem cortadas e queimadas (Hall e Calle, 1989).

De um modo geral, além de contribuir no ciclo de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, o desflorestamento nos trópicos pode conduzir à deterioração do ambiente local e regional devido a retirada da cobertura vegetal (Stone et al., 1991).

Pode-se prever alterações no ciclo hidrológico, o qual está associado à circulação de vapor d'água levando à alterações climáticas não só na Amazônia, mas também nas regiões vizinhas (Gentry, 1980); além do desaparecimento de espécies, mudanças no crescimento das plantas, com conseqüentes alterações da biodiversidade (Woodwell, 1978; Hall e Calle, 1989).

A Overseas Development Administration (ODA), organização britânica, está patrocinando o projeto ABRACOS (Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study) com base num memorando de entendimento estabelecido pelos Governos do Brasil e do Reino Unido. Algumas medidas têm sido feitas no sentido de avaliar o balanço de energia, balanço hídrico, bem como o clima próximo à superfície em áreas desmatadas e de floresta. Estes dados servirão para alimentar modelos de circulação global da atmosfera (IH/INPE, s.d.).

De acordo com Watson et al. (1992) o fluxo de carbono para a atmosfera devido às alterações no uso da terra (principalmente, porém não exclusivamente devido ao desflorestamento nos trópicos), depende da área de floresta que foi alterada, da densidade de carbono por hectare, do ecossistema que foi alterado e dos processos que controlam o fluxo de carbono.

As estimativas do IPCC (1990) indicam um aumento no fluxo anual de carbono em relação a 1980, porém muitas incertezas permanecem nos vários resultados encontrados.

Segundo Watson et al. (1992), a premissa básica para diminuir tais incertezas é quantificar a distribuição, as tendências e fontes dos gases que atuam no efeito estufa, e entender os processos que controlam a concentração global destes gases, a fim de relatar suas emissões para a atmosfera quantitativamente.

## 2.2 - APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETECÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESFLORESTAMENTO

As avaliações de desflorestamento numa área tão grande como a Amazônia podem ser feitas de modo mais eficiente, através de dados de sensoriamento remoto. De modo que, a vista sinóptica fornecida por estes dados permite um estudo mais compreensivo, facilitando a observação de áreas extensas como a Amazônia.

A primeira iniciativa do INPE, neste sentido, foi realizada por Tardin et al. (1980), que apresentam o relatório do convênio realizado entre o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e o INPE, onde inicialmente foi avaliada a possibilidade do uso de sensoriamento remoto para mapeamento de desflorestamento em Rondônia usando dados Landsat MSS (MultiSpectral Scanner Subsystem).

Os resultados deste estudo sugeriram que a metodologia era de fato viável e que poderia ser estendida para toda a Amazônia Legal. Em 1979, o INPE e IBDF trabalharam em conjunto para produzir a primeira avaliação de desflorestamento na Amazônia Legal, usando sensoriamento remoto. As imagens MSS foram visualmente interpretadas, não delineando áreas de desflorestamento antigo ou crescimento secundário. As áreas desflorestadas, visualmente identificadas nas imagens, foram registradas nos mapas e as áreas totais foram determinadas usando uma técnica de contagem ponto-grade.

O INPE (1992) apresentou dados de desflorestamento referentes à agosto de 1989, para toda a Amazônia Legal. Atualmente o INPE está desenvolvendo um projeto que vai gerar dados sobre desflorestamento em toda a Amazônia

Legal até 1991, utilizando imagens Landsat/TM, composição colorida das bandas 3(R), 4(G) e 5(B), que correspondem respectivamente às seguintes faixas do espectro: 630-690nm, 760-900nm e 1550-1750nm.

Segundo INPE (1991), o trabalho leva em consideração alterações em áreas sob o domínio da vegetação com fisionomia florestal e esta composição colorida tem permitido a discriminação entre a cobertura florestal primitiva e as áreas alteradas.

As bandas acima mencionadas, foram selecionadas em função de suas características. A banda 3 corresponde a faixa espectral do vermelho, caracterizada por uma região de absorção da radiação eletromagnética por parte de pigmentos como a clorofila (Grant, 1987), proporcionando a diferenciação de espécies vegetais (Novo, 1989). A baixa reflectância da vegetação nesta faixa espectral se contrapõe à alta refletividade dos solos tropicais.

A banda 4 caracteriza a região do infravermelho próximo, onde observa-se alta reflectância da vegetação, atribuída à estrutura interna das folhas (Knipling, 1970), sendo utilizada para levantamentos de biomassa (Novo, 1989). A banda 5 corresponde à faixa do infravermelho médio, e é dominada por fortes bandas de absorção pela água (Formaggio, 1989), com grande potencial para medidas de umidade da vegetação (Novo, 1989).

Além do trabalho que vem sendo desenvolvido pelo INPE, utilizando dados dos satélites Landsat 4/5, sensor TM, dados do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), à bordo dos satélites da série NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration), têm sido utilizados na detecção de desflorestamento.

Stone et al. (1991) usaram dados de 1986 obtidos com Landsat/TM para avaliar o uso da terra e estimar as proporções de desflorestamento em uma cena Landsat no centro de Rondônia. Também estimaram a área total desflorestada em Rondônia em julho de 1988, usando dados do NOAA9/AVHRR. A área total de floresta retirada em Rondônia foi avaliada, em julho de 1988, em 37.200km<sup>2</sup> baseada nas análises de três canais do NOAA9/AVHRR, com resolução de 1,1km. Por causa da baixa resolução deste dado comparado ao do Landsat, este resultado foi considerado, pelos autores, uma estimativa preliminar.

Malingreau e Tucker (1988) analisaram dados dos satélites NOAA/AVHRR, para uma área de aproximadamente 1.000.000Km<sup>2</sup> na Bacia Amazônica do Brasil, compreendendo os estados do Acre, Rondônia e Mato Grosso.

Os autores relataram que uma subestimativa da área desflorestada foi introduzida pelo fato de que pequenas clareiras são difíceis de discriminar, dado a resolução de 1,1Km do instrumento, a menos que os pixels fossem marcados por uma queimada (em tais casos uma superestimativa foi introduzida). Inversamente, pequenas áreas de floresta frequentemente encontradas nas áreas desflorestadas foram incorporadas à categoria de área desflorestada. Finalmente os autores relataram que é difícil avaliar o quanto da vegetação faz parte da regeneração das florestas.

Neste estudo, ainda, os autores consideram que as áreas alteradas, compreendem uma mistura de modificações marginais e conversões radicais do dossel da floresta. O termo desflorestamento resulta das medidas da magnitude destas transformações, abrangendo, portanto uma conotação diferente em relação à definição utilizada pelo INPE (1991).

A magnitude e a concentração espacial das transformações da floresta tropical devem ser assunto de interesse. Enquanto os dados pertinentes ao impacto das alterações que vêm ocorrendo ainda estão em falta ou em discussão, a destruição física do habitat é quantitativamente ilustrada nas imagens de satélite. Os mesmos dados ilustram o fato de que as proporções de desflorestamento são uma realidade que deve ser considerada quando se avalia o futuro da Bacia Amazônica.

### 2.3 - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIGs

O desenvolvimento de sistemas computacionais para aplicações gráficas e de imagens vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Planejamento Urbano e Regional e Agricultura. Esta tecnologia torna possível a automatização de tarefas complexas, através da possibilidade de integração de dados de diversas fontes e da criação de um banco de dados geocodificado (ENGESPAÇO, 1988).

Um Sistema de Informações Geográficas-SIG pode ser definido como um sistema provido de quatro grupos de funções para manipular dados geo-referenciados: entrada; gerenciamento de dados (armazenamento e recuperação); manipulação e análise; saída de dados (Aronoff, 1989). Estes dados descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, em relação a um sistema de coordenadas (Burrough, 1987).

Um SIG é designado para operações onde a localização geográfica é uma característica importante para a análise dos dados, e quando a quantidade dos dados envolvidos é muito grande para ser processada manualmente (Aronoff, 1989).

### 2.3.1 - COMPONENTES DE UM SIG

Neste item serão descritas as funções básicas componentes de um SIG. A Figura 2.1 mostra esquematicamente um SIG para gerenciamento de dados.

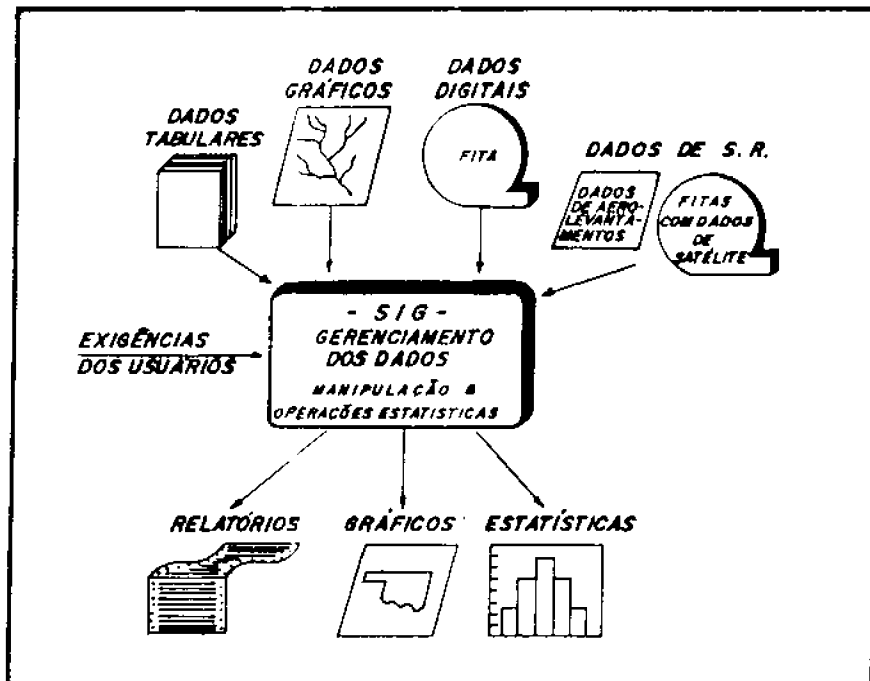


Fig. 2.1 - Diagrama esquemático de um SIG para gerenciamento de dados.

FONTE: Adaptado de Viteck et al. (1984), p.296.

#### 2.3.1.1 - ENTRADA DE DADOS

Alves (1990) relata que um SIG é alimentado por informações de diversas fontes, dentre as quais pode-se destacar mapas, tabelas de atributos, arquivos de mapas digitais, dados associados com fotografias aéreas e imagens de satélite. Também são importantes os dados provenientes de levantamentos de campo.



A entrada de dados gera imprecisões que podem ser causadas pelo operador e pelo equipamento; imprecisões inerentes às feições geográficas (por ex., bordas, tais como os limites de uma floresta, que não ocorrem como limites nítidos) (Aronoff, 1989).

Considerando que o trabalho usa dados digitalizados, convém ressaltar que dados provenientes da mesa digitalizadora apresentam-se no formato vetorial e caracterizam um processo de traçar linhas que consome bastante tempo e também gera imprecisões.

#### 2.3.1.2 - FORMATOS DE REPRESENTAÇÃO

Aronoff (1989) relata que existem duas maneiras principais de representação da componente espacial da informação geográfica: o modelo vetorial e o modelo de raster (ou varredura).

No modelo vetorial, os objetos ou condições no mundo real estão representados por pontos e linhas que definem seus limites, como se estivessem desenhados num mapa. A posição espacial de cada objeto é definida pela sua localização no mapa, que é organizado por um sistema de coordenadas de referência. Pontos, linhas e polígonos são usados para representar objetos geográficos com um valor de coordenada. As entidades no modelo vetorial correspondem aproximadamente às entidades espaciais que elas representam no mundo real.

No modelo raster o espaço é regularmente dividido em células. A localização de objetos geográficos ou condições é definida pela posição da linha e coluna das células que elas ocupam. A área de cada célula define a resolução e o valor armazenado para cada célula, indica o tipo de objeto ou condição que está representado no local. Dife-

rente do modelo vetorial uma estrada, por exemplo, não corresponde a uma simples entidade; é representada por um conjunto de células com a condição estrada.

Alves (1990) relata que muitos SIGs oferecem apenas manipulação de dados raster, devido a simplicidade de implementação destas operações. Segundo Aronoff (1989) o formato raster apresenta uma estrutura simples, onde as operações de sobreposição podem ser eficientemente implementadas.

#### 2.3.1.3 - GERENCIAMENTO DOS DADOS

A organização e o gerenciamento de informações geográficas dentro de um sistema de gerenciamento de dados é importante para minimizar a repetição de dados armazenados, promover um controle central de acesso aos dados, manipulação, integração, segurança do banco de dados e realizar aplicações de programas, independentemente da forma que foram armazenados (Rhind e Green, 1988).

De acordo com Erthal et al. (1988), o módulo gerenciador é responsável pelo armazenamento e pela recuperação das informações da base de dados.

#### 2.3.1.4 - MANIPULAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

As operações de manipulação representam os procedimentos necessários para que se possa analisar a informação da base de dados. Tais procedimentos incluem: operações lógicas entre polígonos (intersecção, união etc); pertinência de um ponto a um polígono; cálculo de perímetro, área e centróide de polígono, e algoritmos de agregação. Os produtos das operações podem ser novos canais, tabelas ou histogramas (Câmara Neto et al., 1983).

Segundo Alves et al. (1990), a manipulação de informações deve permitir que o trabalho seja realizado de um modo iterativo, que permita recuperar e gerar dados, além de possibilitar o desenvolvimento de novas alternativas de tratamento através de novos programas.

#### 2.3.1.5 - SAÍDA DOS DADOS

O módulo de saída se destina à visualização e listagem das informações existentes na base de dados. As saídas compatíveis com o computador podem ser no formato de fitas magnéticas, podem ser lidas de outro sistema, comunicação por rede, entre outras (Burrough, 1986). O usuário normalmente utiliza saídas na forma de mapas, gráficos, tabelas, histogramas, ou mesmo a própria unidade de visualização (Aronoff, 1989).

#### 2.3.2 - O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS SGI/INPE

O Sistema de Informações Geográficas SGI, desenvolvido pelo INPE, está baseado em microcomputadores PC de 16 bits, compatíveis com a linha IBM-PC, placa gráfica para visualização de mapas e imagens de satélite, e permite armazenar e combinar mapas, imagens e dados tabulares. Este sistema foi utilizado no desenvolvimento do trabalho.

Souza et al. (1990) relatam que no SGI/INPE os dados correspondentes a uma região de estudo são agrupados num Projeto. Um Projeto corresponde a uma determinada região e pode conter dados diferentes, que são armazenados em Planos de Informação (PI), que por sua vez contém objetos que representam uma categoria, sendo que cada PI reúne informações de uma única categoria. O sistema permite manipular dados vetoriais e raster, além de permitir a integração de PIs para obter novas informações derivadas dos dados originais.

São definidas 3 categorias de dados:

- áreas: áreas são compostas de polígonos que delimitam regiões.
- Modelos Numéricos de Terreno (MNT): correspondem à distribuição espacial de uma grandeza física.
- Imagens: basicamente, correspondem a dados obtidos por sensoriamento remoto.

Os principais formatos de representação de dados no SGI são listados a seguir:

- "Raster": matriz 2D de valores inteiros (0 a 255). Todas as categorias admitem dados no formato raster; dados vetoriais podem ser convertidos, permitindo uma série de manipulações no sistema;
- Polígonos: compreendem regiões representadas por um conjunto de ARCOS (linhas poligonais). Cada polígono é construído a partir da ligação dos arcos que o constituem;
- Amostras 3D: formato de representação de Modelos Numéricos de Terreno (MNT). Neste formato o MNT é representado como um conjunto de amostras para as quais são definidos valores para X, Y e Z;
- Grades: formatos de representação de MNT apropriados para algoritmos de estimação e interpolação;
- Isolinhas: formato de representação de MNT. Este formato corresponde à forma tradicional de visualização de MNTs;

- Pontos: elementos geográficos individuais no espaço.

O sistema reúne cinco grupos de funções, que incluem a definição dos dados em projetos e planos de informação; entrada de dados nos PIs; conversão entre formatos; manipulação dos dados compreendendo análise e geração de novos dados e saída.

De acordo com Ii et al. (1990) o SGI permite a utilização de um conjunto de sistemas de projeções cartográficas, sendo também possível o desenvolvimento de trabalhos em diversas escalas. A versão atual do SGI (2.4) apresenta as seguintes opções de projeção: UTM (Universal Transverse Mercator), Cônica Conforme de Lambert, Mercator, Policônica, Gauss Krugger, Cilíndrica Equidistante, UPS (Universal Polar Estereográfica), Cônica Conforme Bipolar Oblíqua, Cônica Equivalente de Albers e Miller.

### 2.3.3 - QUALIDADE DE DADOS EM SIGS

Segundo Alves (1990), as diferentes etapas de trabalho num SIG produzem alterações nos dados armazenados. Todo o processo, desde a coleta e entrada dos dados, até as operações de manipulação e saída, criam erros que alteram a qualidade dos dados, fazendo com que a confiabilidade das informações obtidas seja afetada.

Duas fontes de erros, os inerentes à base de dados e os erros operacionais produzidos na etapa de coleta e integração dos dados, que contribuem para a redução na precisão dos produtos que são gerados por SIGs, foram consideradas por Marble e Peuquet (1983); Viteck et al. (1984) e Walsh et al. (1987a).

Viteck et al. (1984) relatam que a análise ambiental é dificultada por uma série de problemas de informação. Falta de dados, deficiência na qualidade dos dados, e incompatibilidade de dados derivados de várias fontes causam dificuldades no gerenciamento de recursos naturais. A implementação de um SIG pode, com sucesso, reduzir problemas de integração de dados e o tempo de processamento.

Em bancos de dados globais, problemas com erros tendem a se destacar mais, uma vez que, na maioria das vezes, estes fazem uso de dados em pequena escala, já generalizados. Além disso, os bancos de dados globais devem permitir a combinação de numerosas fontes de dados que apresentam tipos de erros diferentes (Goodchild, 1988a).

Burrough (1987) considera três grupos principais de fatores que podem estar relacionados a erros no processamento de informação geográfica: fontes de erros óbvias, erros resultantes de variações naturais ou de medição e erros produzidos pelo processamento.

#### - Precisão de posicionamento

Segundo Burrough (1987) a importância da precisão de posicionamento de dados geográficos depende amplamente do tipo de dado a ser considerado. Dados topográficos são usualmente adquiridos com um grau de posicionamento elevado, que seja apropriado para a definição precisa de objetos, tais como estradas, casas e outras feições. Com as modernas técnicas de levantamento eletrônico, o posicionamento de objetos na superfície da Terra pode ser registrado com alta precisão.

Em contraste, a posição de unidades de solos ou tipos de vegetação freqüentemente refletem um julgamento pessoal sobre onde uma linha divisória deveria ser traçada. Freqüentemente, tipos de vegetação variam dentro uns dos outros, como resultado de transições determinadas por microclimas, relevo, solos e regimes de água.

Este tipo de erro pode ser inerente à maneira como as classes são definidas. Muitos fenômenos contínuos como a vegetação, por exemplo, são mapeados como unidades homogêneas, com limites. Estes são denominados mapas temáticos. Entretanto pode existir uma variabilidade dentro de cada unidade do mapa (Aronoff, 1989). Imprecisões desta natureza devem ser consideradas quando se dispõe de outras fontes mais precisas.

A precisão de posicionamento num SIG não pode exceder, é claro, à dos dados da fonte original. No entanto, a precisão de posicionamento no sistema é de grande importância para muitos usuários, em função dos problemas que podem ser gerados na sobreposição de informações (Marble e Peuquet, 1983) e de acordo com Viteck (1984) em geral, os mapas, que são uma representação da realidade, possuem distorções que definem as diferenças entre o mapa e a realidade.

#### - Erros associados à digitalização

De acordo com Burrough (1987), existe duas fontes de erro que devem ser consideradas:

(a) erros associados com o mapa fonte: sem considerar os erros provocados pela dilatação do papel e distorção na impressão do mapa ou documento fonte, os erros resultam também da locação dos limites, uma vez que os desenhos dos limites não são infinitamente finos. Uma linha de 1mm em um

mapa de 1:1250 cobre uma área de 1,25m de espessura; a mesma linha num mapa de 1:100.000 cobre uma área de 100m de espessura.

O senso comum sugere que a linha divisória verdadeira deveria ser considerada, porém não é um limite céptico a ponto de declarar que a área do mapa coberta por tais linhas de limite, seja simplesmente uma área de incerteza.

Quando estas linhas limites são digitalizadas, erros extras aparecem porque com a digitalização manual, o operador nem sempre digitalizará exatamente o meio da linha, e com "scanners" os erros podem resultar dos algoritmos usados.

(b) erros associados com a representação digital: a representação de formas curvas depende do número de vértices usados. Conseqüentemente, o erro relativo de digitalização de linhas retas é muito menor que o resultante da digitalização de curvas complexas. Transformar uma linha curva contínua existente num mapa em uma imagem digital, envolve um processo de amostragem onde somente uma proporção muito pequena da infinidade de pontos possíveis ao longo da curva é amostrada por digitalização como é mostrado na figura 2.2.



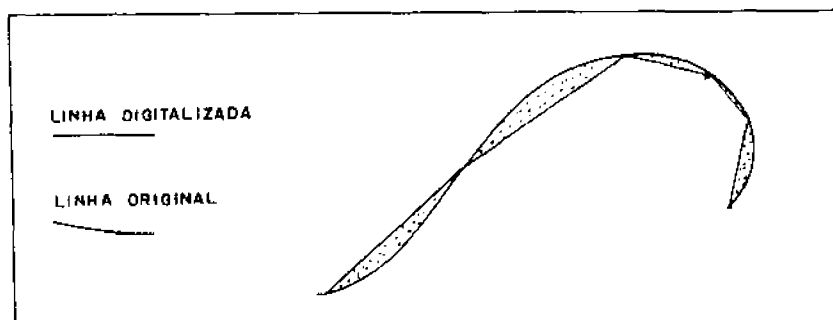


Fig. 2.2 - Exemplo de digitalização de uma linha curva.

FONTE: Adaptada de Burrough (1987), p. 117

- Erros associados à classificação e generalização

Uma fonte de erro inerente, considerada por Viteck et al. (1984), é o procedimento de mudança de escala. Os cartógrafos são restritos à quantidade de detalhes que pode ser mostrada num mapa de escala pequena. Durante o processo de generalização uma linha costeira muda em função do espaço limitado para esboçar a informação.

O processo de generalização introduz erro em função da eliminação de detalhes para representação em uma escala menor. Cada mapa é um sistema de informações, e a eficiência da transmissão dessas informações implica na redução de erros, porém não é possível eliminá-los completamente. Por exemplo, a agregação de dados em seis intervalos de classes para representação num mapa temático, generaliza os dados e introduz erros inerentes.

A complexidade do problema de monitoramento de erros inerentes requer reconhecimento do erro inerente inicial em cada mapa empregado. Este problema é realçado, uma vez que a maioria dos usuários não dispõem de conheci-

mento suficiente sobre os mapas, e os mapas não contêm informação sobre qualidade.

- Erros resultantes da conversão vetor-raster

De acordo com Burrough (1987) quando um mapa temático está representado por uma matriz de células, este tipo de erro é causado pelo fato de que cada célula da grade só pode conter um único valor de atributo (só o principal valor que está carregado na célula). Deve-se considerar o problema da mistura topológica, quando um mapa de polígonos é aproximado para uma grade.

A Figura 2.3 mostra um mapa temático simples descrevendo três unidades de mapeamento para solo ou vegetação. Assumiu-se que este é o mapa verdade e pergunta-se qual será o erro relativo resultante da "rasterização", usando diferentes tamanhos de célula.

Duas estimativas foram feitas usando as duas grades de resoluções diferentes. Os resultados mostraram uma estimativa de 8,5% de mistura para a grade de 16x16; e 4,1% para a grade de 32x32, demonstrando que um aumento no número de células da grade é necessário para reduzir a estimativa de erro.

Alguns testes mostraram que os mapas derivados com células menores, apresentaram maior precisão dos que os gerados com células maiores (Whede, 1982; Walsh et al., 1987b).

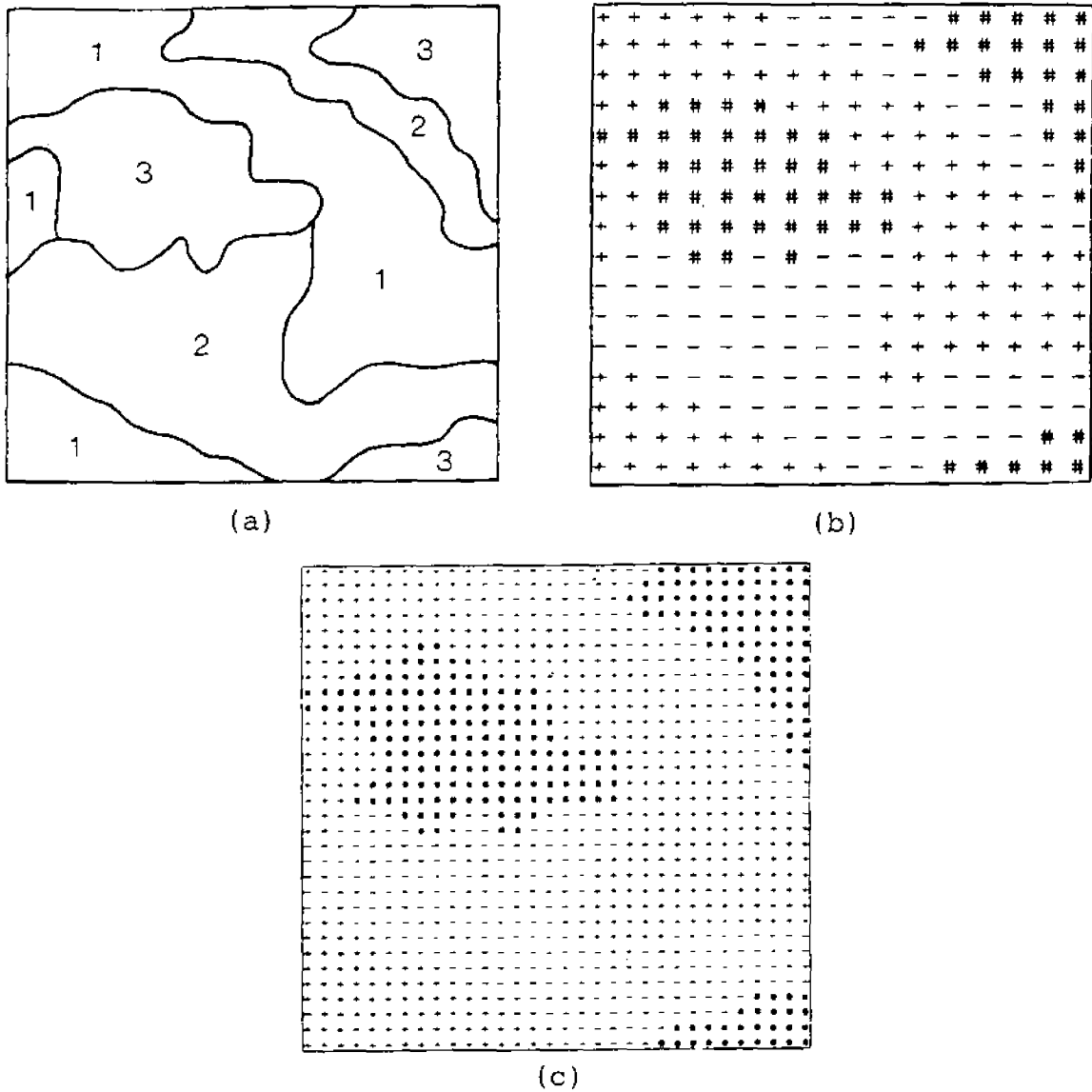


Fig. 2.3 - (a) Mapa vetorial original de três regiões; (b) O mesmo mapa digitalizado usando uma grade quadrada de 16x16; (c) idem, porém digitalizado com uma grade quadrada de 32x32.

FONTE: Burrough (1987), p. 115.

### 2.3.3.1 - TRATAMENTO DE ERROS

Goodchild (1988b), define precisão de um produto cartográfico em termos de sua representação, como a metade da unidade do dígito menos significativo, e exatidão pode ser definida em termos da magnitude da diferença entre o valor registrado e o valor verdadeiro. Frequentemente, a verdade terrestre pode não ser acessível ou estar disponível, e há vários exemplos de dados espaciais onde não existe a verdade terrestre, desde que o objeto que está sendo representado seja por si uma abstração. Exemplos incluem os mapas de solos, onde os limites mostrados no mapa podem ser uma abstração ou uma zona de transição entre dois tipos de solos generalizados.

Mapas gerados por computadores, manipulados por SIGs, têm sido usados para análise de interações espaciais complexas, produzindo bons resultados, dependendo do nível de erro inerente na fonte de dados e o erro operacionalmente produzido através da coleta e manipulação dos dados. Baseados na existência desses erros, Walsh et al. (1987b) desenvolveram um processo de reconhecimento e avaliação de erros em SIGs. Erros inerentes em mapas de solos derivados de classificação digital de imagens Landsat e dados derivados de MNTs foram comparados à informação de campo coletada para 35 amostras distribuídas numa área teste, usando células de resolução de  $100\text{m}^2$  e  $200\text{m}^2$ . O erro inerente foi computado em 43% para o mapa de resolução de  $100\text{m}^2$ , e 83% para o mapa de  $200\text{m}^2$ . O erro operacional foi também examinado e, quando dois ou mais planos de informação (PI) foram combinados, os erros encontrados foram da ordem de 13 a 29%. O erro inerente combinado ao erro operacional mediu de 71 a 83%. Células de tamanhos menores produziram níveis de erros operacional e inerente mais baixos, sendo que estes erros aumentaram significativamente quando mais do que dois planos foram analisados conjuntamente.

A exatidão de produtos derivados de SIGs foi determinada, por Newcomer e Szajgin (1984), utilizando uma técnica de contagem dos pontos amostrados que foram rotulados corretamente.

O método descrito pelos autores acima citados divide os erros dos mapas digitais, provenientes da "sobreposição" de dois ou mais planos de informação, em erros posicionais e erros de identificação. Todo o mapa temático terá alguma combinação destes dois tipos de erros. Usando conceitos de teoria de probabilidade condicional, os resultados deste trabalho mostraram que a exatidão de um mapa resultante de sobreposição de dados é determinada por: 1) número de planos de informação usado para a análise; 2) exatidão dos planos de informação e 3) coincidência dos erros para a mesma posição nos planos. A conclusão obtida é que quando o número de planos aumenta, o número de possíveis combinações de erros aumenta rapidamente, sendo que a combinação dos erros no mapa resultante faz com que a precisão deste seja menor que a dos planos isolados. No entanto, para determinar os erros existentes em cada um dos planos a ser combinado, há a necessidade de uma comparação com a verdade de campo, ou dado que possa ser considerado mais preciso.

Blakemore (1984), sugeriu o uso de uma banda de erro ou banda de confiança sobre os limites de um polígono digitalizado. O autor discute a aplicação do problema conhecido como "pertinência de ponto no polígono", onde a questão " O ponto xy está dentro do polígono A ? " resulta em cinco classes de respostas (Figura 2.4).

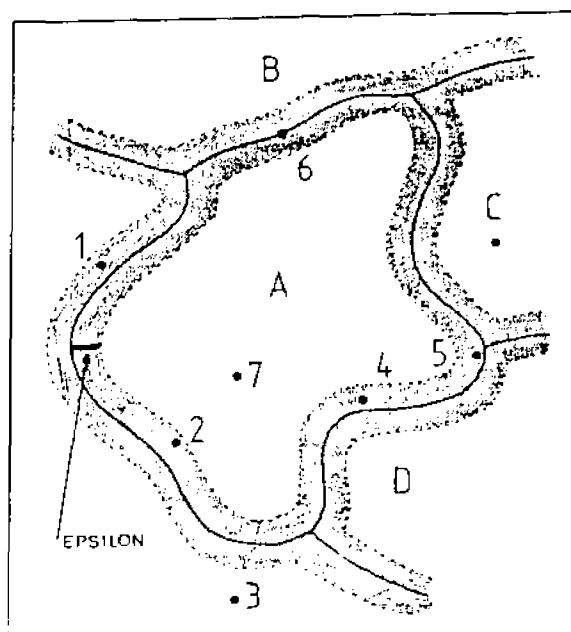


Fig. 2.4 - Zonas de erro e ambiguidades de escolha para o ponto pertencer ou não ao polígono.

FONTE: Adaptada de Burrough (1987), p.117.

1. Definitivamente dentro, registra a área central dentro da banda de confiança;
2. Definitivamente fora, registra a área fora do polígono e da banda de confiança, indicando outra classe;
3. Possivelmente dentro, registra um ponto que cai dentro da sobreposição, na parte mais interna da banda de confiança;
4. Possivelmente fora, registra um ponto que cai na parte mais externa da banda de confiança; tecnicamente o ponto estaria fora do polígono, porém, poderia estar dentro do polígono verdadeiro se este tivesse sido digitalizado ou geocodificado erroneamente;

5. Posição ambígua, o ponto se apresenta com coordenadas que coincidem exatamente com um ponto na linha digitalizada - tais pontos são raros, porém ocorrem.

Para Goodchild (1988b), o modelo de banda de confiança não é específico para ser utilizado em modelagem de erros em bancos de dados espaciais. É impossível usá-lo como uma base para simulação de distorções sem meios de caracterizar a posição da linha dentro da banda. Deste modo, apesar de poder ser usado como a base para predição de erro nos atributos de um ponto, não está suficientemente desenvolvido para permitir estimativas de erro em linhas, áreas de polígonos ou formas mais sofisticadas de análise.

A integração de dados de diferentes fontes, em formatos diferentes (p.ex., pontos, linhas e áreas), para diferentes escalas e possuindo erros inerentes pode produzir um produto de precisão questionável (Viteck et al., 1984). Baseados na projeção cartográfica, nas técnicas de construção do mapa e na simbologia dos dados, pode-se considerar que os mapas temáticos, por sua própria natureza, contém erros inerentes que se propagam nos mapas derivados. Deve-se considerar, portanto, que a precisão de um produto derivado do SGI depende das características inerentes dos produtos fontes e das exigências do usuário, tais como a escala de apresentação do produto de saída e a resolução dos dados para codificação (vetor-raster).

Goodchild et al. (1992) desenvolveram um método para modelar erros em base de dados espaciais, através de um processo capaz de simular um conjunto de amostras, onde a variação de amostra para amostra pode representar as diferenças entre classificações individuais do mesmo padrão de variação geográfica. As diferenças entre os números da população representam as incertezas presentes nos dados in-

terpretados, ou introduzidos durante o processamento. Deste modo, o modelo pode fornecer estimativas das incertezas associadas aos produtos gerados em um SIG.

#### 2.4 - SIG E DESFLORESTAMENTO

Devido a importância do desflorestamento tropical como um componente importante na hidrologia regional, nas mudanças climáticas a longo prazo e ciclos biogeoquímicos globais, faz-se necessário ter dados precisos e compreensivos sobre as proporções e a distribuição do desflorestamento. Há, ainda, falta deste tipo de informação: as fontes existentes fornecem poucos dados quantitativos sobre os padrões e proporções de desflorestamento ao longo do tempo em grandes áreas.

A integração do sensoriamento remoto com sistemas de informações geográficas fornece uma base sólida para o monitoramento e análise de desflorestamento. A codificação digital de dados de desflorestamento a partir de dados de sensoriamento remoto num sistema de informações geográficas fornece meios para o gerenciamento de grandes quantidades de dados sobre grandes regiões. Uma vantagem deste tipo de abordagem é a melhor capacidade para estimar áreas, para rapidamente estratificar os grupos de dados para uma variedade de cálculos, e gerenciar múltiplas camadas de dados no mesmo sistema de projeção.

A Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), órgão responsável pelo estabelecimento das diretrizes para o desenvolvimento da Amazônia, sentindo a necessidade de um sistema capaz de armazenar, combinar e gerar novas informações a partir das informações geográficas existentes na região, propôs em 1989 a criação de uma base de dados geocodificados para a Amazônia Legal, numa



escala média de 1:250.000. Nesta base seriam lançados os mais diversos tipos de informações sobre a região (Medeiros, 1989).

Alguns trabalhos relacionando SIG e desflorestamento vêm sendo desenvolvidos na Universidade de New Hampshire, como o trabalho de Skole et al. (1990) para gerar um banco de dados digital de desflorestamento no Brasil, usando um sistema de informações geográficas. O trabalho visa dar suporte às áreas de estudo que requerem dados referenciados geograficamente sobre conversão de vegetação para analisar a influência das atividades humanas, principalmente expansão agrícola. O banco de dados resultante permite a avaliação do padrão espacial e da dinâmica temporal de desflorestamento.

Dados de desflorestamento produzidos pelo INPE/IBDF referentes à 1975 e 1978 foram digitalizados e combinados com limites de municípios e dados de vegetação. Os dados de vegetação foram compilados de imagens produzidas pelo sensor AVHRR/NOAA e também do mapa de vegetação da Amazônia Legal, em escala 1:2.500.000, derivado do projeto RADAMBRASIL, resultando em dados de desflorestamento associados à florestas e cerrados para os anos citados.

Um outro trabalho desenvolvido por Skole et al. (s.d.) utiliza técnicas de SIG para a estimativa da distribuição espacial de  $\text{CO}_2$ , CO e  $\text{CH}_4$  emitido durante o período de 1970-1980 no Brasil.

A análise feita pelos autores considera alteração do uso da terra e queima de biomassa numa variedade de ecossistemas além das florestas. Um banco de dados de mapas digitais dos tipos de vegetação dominantes, antes de serem perturbados, foi desenvolvido como base para atribuição posterior de biomassa aos ecossistemas.

Através da combinação dos dados de cobertura original e dos dados de desflorestamento produzidos pelo INPE/IBDF para os anos já citados, estimou-se a distribuição das mudanças no uso da terra de acordo com o tipo de cobertura vegetal. Aproximadamente metade da conversão que ocorreu entre 1970 e 1980 foi na Amazônia Legal, e resultou do desflorestamento de sistemas de biomassa mais elevado na Bacia Amazônica, particularmente ecossistemas de florestas.

Cross (1990), desenvolveu um mapa digital mostrando o desflorestamento no sudeste da Amazônia, usando cenas do AVHRR/NOAA de 1988, com 1,1Km de resolução. Foi utilizado um classificador de máxima verossimilhança para discriminar classes de floresta e não floresta. A classificação gerada foi comparada à imagens TM/Landsat, permitindo a distinção de desflorestamento do tipo "espinha de peixe", porém com uma superestimativa das áreas desflorestadas. O mapa AVHRR foi combinado com vários outros planos de informação cartográfica (municípios, estradas, rios, cobertura vegetal, entre outros) dentro de um SIG. Foram utilizados os sistemas ARC/INFO (vetorial) e ERDAS (raster).

Dados de Rondônia, derivados da fotointerpretação de imagens TM/Landsat e trabalhos de campo foram fornecidos pelo IBDF ; estes dados foram comparados com as estimativas do AVHRR. A área total desflorestada obtida pelo IBDF foi de 19.825km<sup>2</sup> e com o AVHRR foi de 31.002km<sup>2</sup>.

Uma outra verificação foi feita com um mapa de desflorestamento em escala 1:1.000.000 do Estado do Pará, compilado pelo IBDF em 1988. Duas áreas foram selecionadas, digitalizadas, rasterizadas e novamente sobrepostas ao mapa AVHRR. Neste caso, os resultados usando o AVHRR subestimaram as áreas desflorestadas. O autor relata que estas discrepâncias provavelmente se devem a confusão entre

floresta intacta e a de crescimento secundário, na análise do AVHRR.

A sobreposição dos planos de informação usando o SIG proporcionou integração dos dados, que poderão ser usados para promover um trabalho de monitoramento. O intuito do mapeamento foi fornecer uma visão ampla dos padrões de desflorestamento, que quando combinados com outros grupos de dados georeferenciados dentro de um SIG, possam ser usados como uma base para estudos onde a localização geográfica do desflorestamento seja importante (reservas biológicas, emissões de carbono através de queimadas). O autor considera que as informações de mapas derivados de sensoriamento remoto podem ser melhor aproveitadas quando unidas à outros dados geograficamente referenciados dentro de um SIG.

O INPE está atualmente gerando um sistema de informações geográficas para a Amazônia e segundo Alves et al. (1992) tem como principais funções, armazenar dados obtidos de imagens e cartas; permitir a realização de diferentes tipos de análises dos dados, através de técnicas de geoprocessamento e criar mapas com as informações armazenadas.

O Sistema Amazônia é constituído por um conjunto de dados que cobrem a região da Amazônia Legal. Os dados que estão sendo gerados pelo INPE são apresentados em escala 1:250.000 constituindo um conjunto de cartas. Cada carta é armazenada como uma pequena base de dados independente, que no SIG, recebe o nome de um projeto. Cada projeto, por sua vez, é constituído por diversos planos de informação, que armazenam diferentes tipos de dados. Entre estas informações estão os dados de desflorestamento extraídos de imagens do satélite TM/Landsat em vários anos; áreas de floresta, não floresta, além de outras informações

(limites de Estados, por exemplo).

Uma das vantagens é a maior confiabilidade dos dados, graças as técnicas de georeferenciamento, além de proporcionar melhor qualidade da avaliação das taxas de desflorestamento. Este procedimento permite uma maior facilidade de correlacionar o desflorestamento com outros dados. O sistema de informações geográficas consiste, portanto, num instrumento importante para estudos sobre o impacto das alterações na floresta sobre o meio ambiente.

## 2.5 - PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS - CONSIDERAÇÕES GERAIS

De acordo com Richardus e Adler (1971), o problema básico das projeções dos mapas é a representação de uma superfície curva em um plano. A figura da Terra é usualmente representada por um sólido de revolução, o elipsóide ou a esfera, que são considerados como uma superfície de referência à qual todos os pontos físicos estão relacionados. Estas superfícies de referência apresentam seus parâmetros definidos, e o problema das projeções dos mapas fica limitado à representação do elipsóide e da esfera num plano, ou seja, não há uma solução perfeita para o problema.

Diferentes técnicas são aplicadas para encontrar representações que possuam certas propriedades favoráveis para os propósitos específicos a que se propõem os mapas. Três principais critérios cartográficos são aplicados para a avaliação das propriedades de projeção de um mapa:

(a) Equidistância - representação correta de distâncias;

(b) Conformidade - representação correta de formas;

(c) Equivalência - representação correta de áreas.

Os critérios acima são básicos e mutuamente exclusivos, o que leva a considerar que não há uma representação ideal, somente a melhor representação para um dado propósito.

De acordo com Bakker (1965), a confecção de uma carta exige, antes de tudo, o estabelecimento de um método, segundo o qual cada ponto da Terra corresponda a um ponto da carta e vice-versa. Diversos métodos podem ser empregados para obter essa correspondência de pontos, constituindo os chamados "sistemas de projeções".

A teoria das projeções compreende o estudo dos diferentes sistemas em uso, incluindo a exposição das leis (expressões matemáticas) segundo as quais se obtêm as interligações dos pontos de uma superfície (Terra) com a outra (Carta). A representação da superfície da Terra sobre um plano pode ser efetuada por diversos sistemas de projeções, os quais são classificados sob seus diversos aspectos. Trataremos nesta breve revisão, sobre sistemas de projeções, somente aquelas diretamente relacionadas ao trabalho.

#### 2.5.1 - PROJEÇÃO CÔNICA CONFORME DE LAMBERT

A projeção cônica conforme de Lambert apresenta como superfície de projeção um cone, tendo como propriedade intrínseca a conformidade. Esta propriedade é mantida em toda projeção, resultando na preservação das formas (ortomorfismo). Na prática, porém, esta preservação é considerada como verdadeira apenas para as pequenas áreas. Para as áreas de grande extensão em latitude, não se pode manter uma uniformidade de escala, resultando, então, que a forma das áreas como um todo, não será mais preservada (Bakker, 1965).

Esta projeção emprega um cone secante à superfície datum (superfície de referência) em dois paralelos, conhecidos como paralelos padrões para a área a ser representada. Os meridianos são representados, aproximadamente, como retas (só a projeção gnomônica representa os meridianos exatamente como retas), concorrentes no vértice do cone. Os paralelos são representados por arcos de circunferências concêntricas no vértice do cone.

Segundo Deetz e Adams (1921), além da conformidade, os erros em escala e área se tornam muito pequenos. Os autores relataram que a principal vantagem da projeção de Lambert sobre a projeção policônica, por exemplo, em mapa dos Estados Unidos com aproximadamente  $25^{\circ}$  de extensão em longitude, está na redução do erro de escala de 7% na projeção policônica para aproximadamente 1,5% na projeção de Lambert. Em relação à representação de áreas, a projeção de Lambert apresentou um erro máximo de 5% e a policônica de 7%.

De acordo com Richardus e Adler (1971), a projeção é especialmente indicada para áreas com predominância de extensão leste-oeste, pois, de acordo com a expressão matemática que a define, a distorção de escala é dependente somente da latitude e não da longitude, portanto, a distorção de escala para um paralelo é constante, tornando-a útil para as áreas em extensão leste-oeste.

#### 2.5.2 - PROJEÇÃO POLICÔNICA

Segundo Bakker (1965), a projeção policônica ordinária ou simplesmente policônica, é classificada como projeção eqüidistante transversal, ou seja, a escala sobre os paralelos é mantida constante. Esta projeção utiliza como superfície de projeção diversos cones tangentes, em vez de apenas um. Os cones tangenciarão a superfície a re-

presentar em seus paralelos, de modo que, a cada um, corresponda um cone tangente. Por conseguinte, na projeção, cada paralelo será desenvolvido separadamente, por meio do cone que lhe é tangente, e representado por um arco de circunferência. Os arcos de circunferências, que representam os paralelos, não são concêntricos, pois cada um deles terá como centro o vértice do cone que lhe deu origem; esses centros, no entanto, estarão todos situados sobre o mesmo segmento de reta, no prolongamento do meridiano central.

De acordo com Oliveira (1988), o resultado dessa variedade de cones proporciona uma distorção que aumenta a partir do meridiano central (este meridiano e o Equador são as únicas retas da projeção), tornando-a, Conseqüentemente, imprópria para áreas de predominância leste-oeste. O aumento de escala sobre os meridianos, em regiões muito afastadas do meridiano central, torna-se acentuado, exagerando Conseqüentemente as áreas projetadas e alterando suas formas. A projeção é muito conhecida devido ao fato da existência de tabelas completas para sua construção.

Entretanto, de acordo com Bakker (1965), quando se deseja empregar a projeção policônica para a cartografia de extensas regiões, para evitar grandes deformações, pode-se dividir a área considerada em áreas de dimensões leste-oeste limitadas, construindo-se uma carta policônica independente, com referência ao seu meridiano central particular. Com esse procedimento, as dificuldades decorrentes da variação de escala são praticamente eliminadas para cada carta individual.

Todavia, o inconveniente desse processo é que as diversas cartas parciais, por causa da curvatura das transformadas dos meridianos, não se ajustarão perfeitamente, uma ao lado da outra para elaboração de um mapa geral.

### 2.5.3 - O SISTEMA UTM

O sistema UTM surgiu da projeção transversa de Mercator (conforme de Gauss), para mapeamentos militares em escalas grandes (Oliveira, 1988). Quando aplicada à Terra, suposta de forma elipsóidica, a projeção conforme de Gauss é amplamente utilizada na construção de cartas topográficas, pela sua propriedade de conformidade. Existem dois sistemas da projeção de Gauss (Tardi e UTM), obtidos pelo emprego do cilindro transverso, secante ao elipsóide. Estes sistemas constituem modificações da projeção de Gauss, com a finalidade de se reduzir as deformações nos extremos do fuso. Assim, em vez do cilindro tangente a um meridiano (meridiano central do fuso), ele é considerado secante ao elipsóide. Com esse procedimento, a projeção que somente apresentava ampliações de escala, passa a apresentar agora reduções no meridiano central e ampliações nos extremos do fuso. E em lugar de apenas uma linha sem deformações, haverá então duas, simétricas em relação ao meridiano central (Bakker, 1965).

O sistema UTM estabelece que a Terra seja dividida em 60 fusos de seis graus de longitude, sendo esta divisão em fusos decorrente da necessidade de se reduzirem as deformações. Em latitude, os fusos são limitados ao paralelo de  $80^{\circ}$  N ou S, porque as deformações tornar-se-iam muito acentuadas para latitudes superiores. Os paralelos e os meridianos se apresentam como arcos de curvas, com exceção do meridiano central e do Equador que são representados como linhas retas e ortogonais, condição que lhes atribuem propriedades para situarem os eixos coordenados (cartesianos) da projeção (Ricobon, 1986).



### CAPÍTULO 3

#### MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a área de estudo, os dados que foram utilizados para processamento no sistema de informações geográficas e o procedimento metodológico proposto para atingir o objetivo do trabalho.

##### 3.1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este item tem a finalidade de caracterizar a área definida para o desenvolvimento do trabalho, visando situar o leitor na região de estudo.

A Amazônia Legal Brasileira foi definida pela Lei n<sup>o</sup> 5.173 (Diário Oficial, 1986) como a região compreendida pelos Estados do Acre, Pará, Rondônia, Amazonas, Amapá, Roraima, parte do Estado do Mato Grosso ao norte do paralelo 16<sup>o</sup>, do Estado de Goiás ao norte do paralelo 13<sup>o</sup> e do Estado do Maranhão a oeste do meridiano 44<sup>o</sup>.

Dentro da Amazônia Legal foi escolhido um módulo de estudo (Figura 3.1), que corresponde à folha em escala 1:1.000.000, SB20 - Purus.

De acordo com Doi et al. (1978) a área delimitada pela folha SB20 - Purus, localiza-se na parte ocidental da Bacia Amazônica e está compreendida entre as seguintes coordenadas geográficas: segmentos dos paralelos de latitude 4<sup>o</sup> e 8<sup>o</sup>S e segmentos dos meridianos de longitude 60<sup>o</sup> e 66<sup>o</sup>WGr. Dois importantes cursos d'água pertencentes à margem direita do rio Amazonas atravessam a área: os rios Madeira e Purus.

O projeto RadamBrasil propôs um novo sistema de classificação fisionômico-ecológico para a vegetação brasileira, com uma legenda para mapeamento em escala regional.

Baseado neste sistema de classificação, o estudo fitogeográfico efetuado na área da folha Purus possibilitou a separação das regiões de Savana, Floresta Tropical Densa, Floresta Tropical Aberta, das áreas de Formações Pioneiras e de Tensão Ecológica (Contatos Savana/Floresta e Formações Pioneiras/Floresta).

A escolha deste módulo está fundamentada, basicamente na disponibilidade, pelo INPE, de dados sobre desflorestamento nesta área, na fase de processamento do trabalho, compondo um módulo de 6<sup>o</sup>x4<sup>o</sup>.

Esta região foi considerada representativa em relação à Amazônia Legal, tanto em termos de área quanto à variação dos tipos de vegetação, embora a fisionomia dominante da folha seja a de Floresta Densa, revestindo as mais variadas formas de relevo. As áreas de Floresta Aberta situam-se predominantemente entre os rios Purus e Madeira, no centro-sul da folha, onde também as áreas ocupadas pela Savana têm maior expressão.

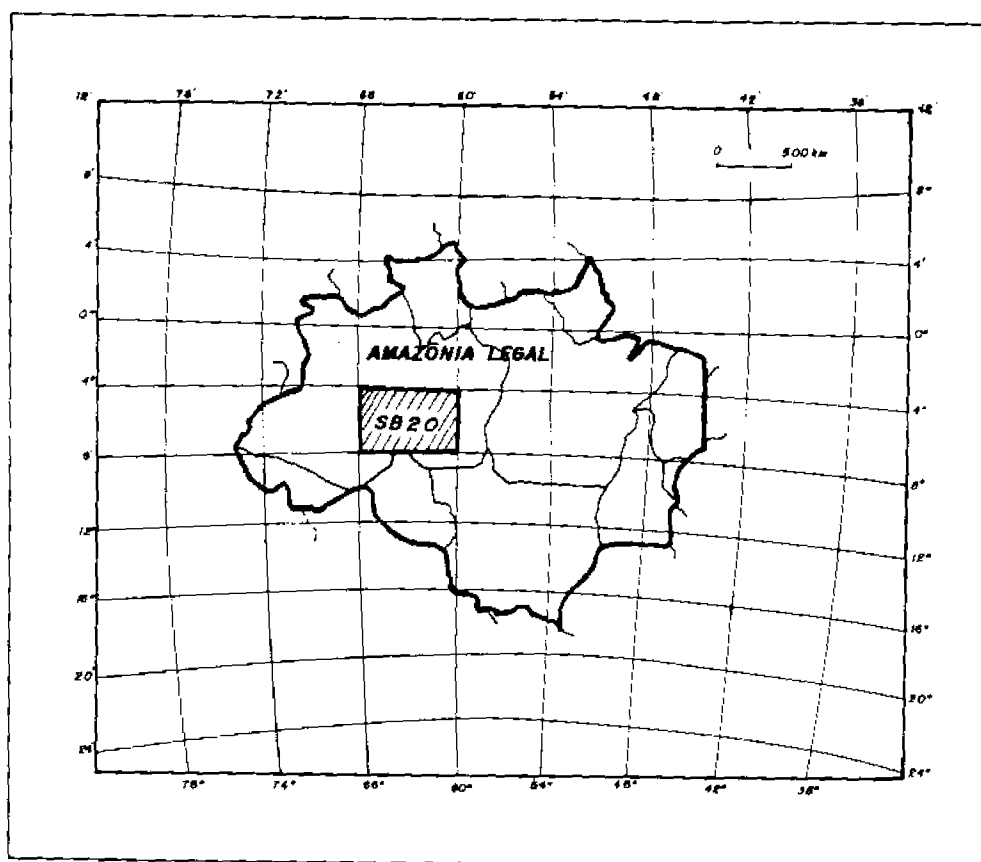


Fig. 3.1 - Localização do módulo de estudo.

FONTE: Adaptada de Projeto Radambrasil (1978).

### 3.2 - MATERIAL

#### 3.2.1 - DADOS DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES AMAZÔNIA

Para obter dados georeferenciados sobre desflorestamento, o INPE começou a desenvolver o Sistema de Informações Amazônia, um SIG que integra dados de desflorestamento e vários outros tipos de dados (p. ex., dados de vegetação, limites de municípios) para o estudo de alterações na Floresta Amazônica. Os dados provenientes deste sistema de informações foram utilizados neste trabalho.

Atualmente cinco grupos de dados principais compõem o Sistema Amazônia e podem ser observados na Tabela 3.1.

TABELA 3.1 - DADOS QUE COMPÕEM O SISTEMA AMAZÔNIA

<p><b>TM</b> Escala 1:250.000 - Projeção UTM Conteúdo: áreas desflorestadas, interpretadas de imagens TM/1984-1991, composição 3B, 4G, 5R; domínios de florestas provenientes de imagens TM e mapas de vegetação; corpos d'água provenientes de imagens TM e mapas topográficos; limites estaduais dos mapas disponíveis e cobertura de nuvens das imagens.</p>
<p><b>MSS</b> Escala 1:500.000 - Projeção Conforme de Lambert Conteúdo: áreas desflorestadas provenientes das imagens MSS/1975-1978.</p>
<p><b>VEGE</b> Escala 1:1.000.000 - Projeção Conforme de Lambert Conteúdo: tipos de vegetação dos mapas do RADAM.</p>
<p><b>ZOPOT</b> Escala 1:2.500.000 - Projeção Policônica Conteúdo: tipos de vegetação do mapa do IBGE.</p>
<p><b>MUNI</b> Escala 1:2.500.000 - Projeção Policônica Conteúdo: limites municipais do mapa digital do IBGE.</p>

FONTE: Alves et al. (1992)

O banco de dados é formado principalmente por dados extraídos de imagens TM. Os mapas provenientes de imagens MSS foram elaborados em 1980, através de um convênio entre o INPE e o IBDF.

O próximo item aborda com mais detalhes os dados de desflorestamento provenientes das imagens Landsat/TM e os dados de vegetação, em razão da utilização dos mesmos no desenvolvimento do trabalho.

### 3.2.1.1 - DADOS DE DESFLORESTAMENTO E FISIONOMIA FLORESTAL

O Sistema Amazônia é baseado no sistema SGI/INPE, sendo cada projeto (segundo a terminologia adotada no SGI/INPE) referente a uma carta 1:250.000 do Mapa Índice Reduzido (MIR) elaborado pela Diretoria de Serviço geográfico (DSG) em 1989 em projeção UTM, conforme as convenções do mapeamento sistemático no país (Figura 3.2).

Cada folha MIR é coberta por 2, 3, 4 ou 5 cenas do Sistema Universal de Referência dos satélites Landsat 4/5 (WRS/TM). A Figura 3.3 mostra, como exemplo, a folha MIR-66 de  $1,5^{\circ} \times 1^{\circ}$  (INPE, 1991), composta por 4 cenas TM/Landsat e suas respectivas órbitas/ponto.

No processo de interpretação de uma cena é criado um "overlay" caracterizando áreas de desflorestamento, domínios de floresta e não floresta (cerrados, campos etc), sendo também definida a classe denominada "background". Esta última classe representa uma área interna à um polígono de antropismo, porém que não caracteriza área desflorestada, mas precisa ser computada e subtraída da área total de antropismo mapeada em cada carta. Este polígono de "background" pode ser uma área de floresta ou não floresta que dentro do PI de antropismo não consta como classe.

A Figura 3.2 mostra as 334 cartas MIR 1:250.000, que cobrem a Amazônia Legal segundo as convenções do mapeamento sistemático, e a correspondente área de cada carta ao milionésimo (28 cartas).

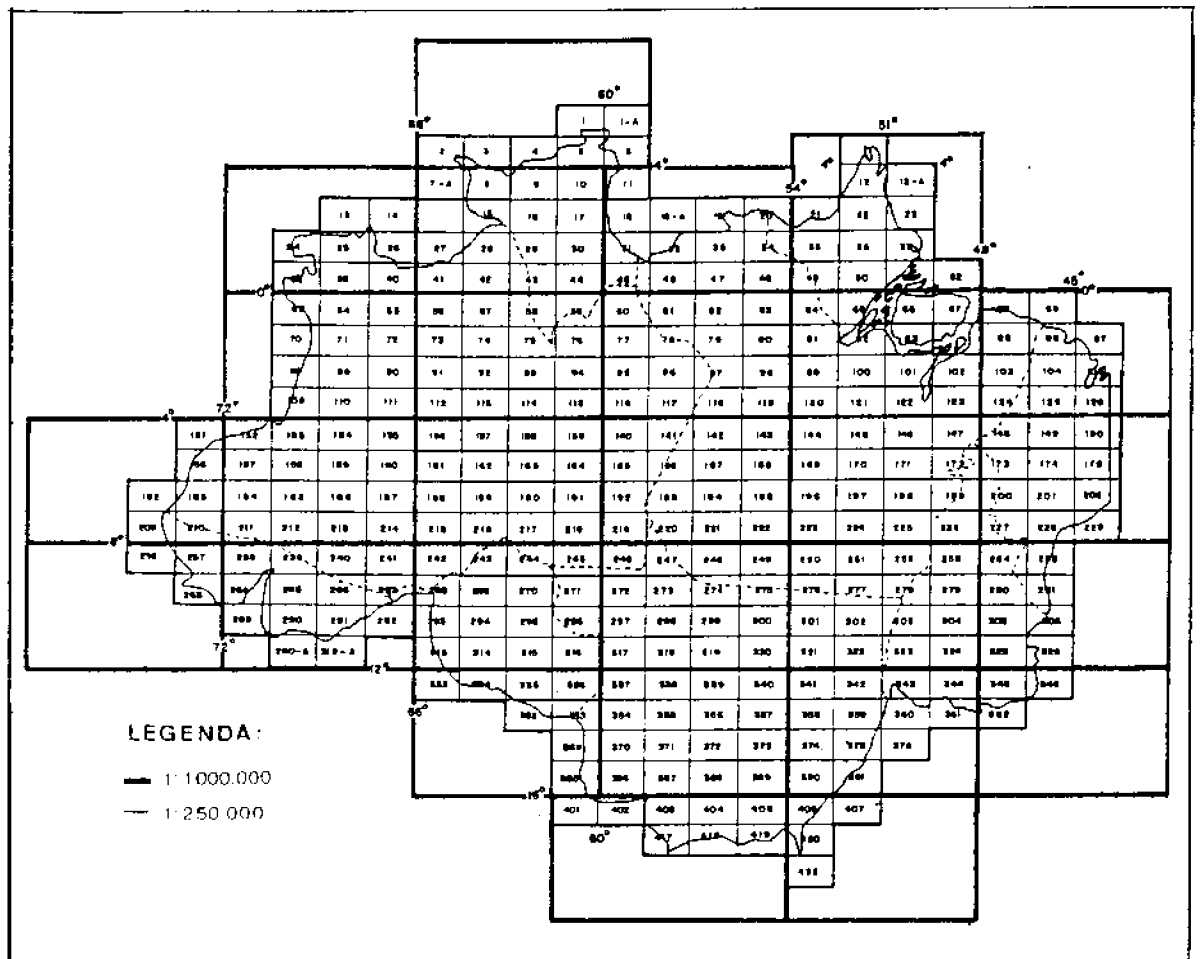


Fig. 3.2 - Recobrimento da Amazônia Legal com cartas 1:250.000 e 1:1000.000.

FONTE: Adaptada de INPE (1991).

As informações interpretadas nas imagens são transferidas para o referencial de cada carta, através de pontos de controle. Posteriormente, estas informações são digitalizadas, em seus respectivos PIs, e passam por um processo de geração de carta. Como já definido anteriormente, as informações referentes aos dados de desflorestamento, são somente aquelas que estão relacionadas à retirada da cobertura vegetal que apresenta fisionomia florestal.

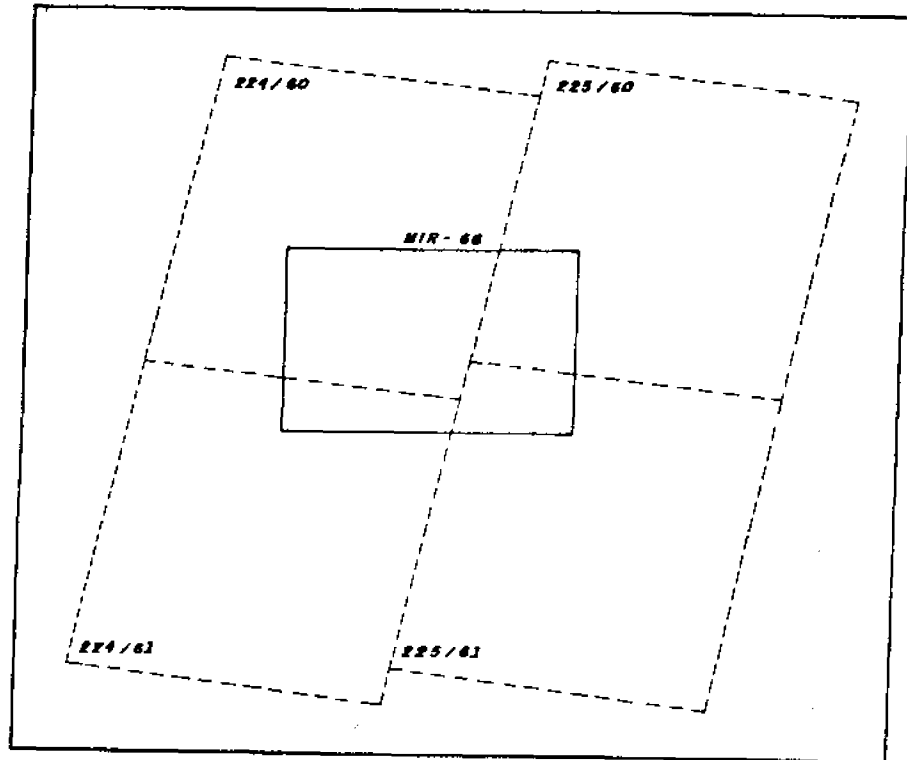


Fig. 3.3 - Exemplo de carta MIR mostrando as 4 cenas Landsat/TM que a recobrem, em escala 1:250.000 (superposição entre as cenas não mostrada).  
 FONTE: Adaptada de INPE (1991).

### 3.2.1.2 - DADOS DE VEGETAÇÃO

As informações referentes à cobertura vegetal, formam os grupos de dados VEGE e ZOPOT, como já mencionado, e são provenientes da digitalização via "scanner" ou mesa digitalizadora dos mapas existentes sobre o tema, em escala 1:1.000.000 e 1:2.500.000, respectivamente.

O mapeamento 1:1.000.000, gerado pelo Projeto RadamBrasil, cobre a Amazônia Legal com 28 folhas que obedecem o corte sistemático para cartografia no país, em projeção Cônica Conforme de Lambert. Estes mapas foram gerados através da interpretação de mosaicos semicontrolados de imagens de radar, na escala 1:250.000 e trabalhos de

campo (Doi et al., 1978). As classes de vegetação têm seus nomes abreviados na legenda da folha 1:1.000.000, e estes nomes são associados às cores que proporcionam a diferenciação entre as formações. Esta diferenciação de classes/cores, foi feita no SGI através de números que aparecem na frente de cada classe como um identificador que diferencia tipos de vegetação com o mesmo nome, porém com legendas de cores diferentes no mapa, ou seja, caracteriza um tipo de vegetação diferente. O Apêndice A mostra as abreviações da legenda e o respectivo nome por extenso de cada classe definida no mapa.

O mapa em escala 1:2.500.000, em projeção Policônica, foi elaborado a partir das informações publicadas pelo Projeto RadamBrasil na escala 1:1.000.000, atualizado através das cartas de vegetação da região Nordeste do estado de Goiás, das cartas de vegetação da região Polonoeste, do mapa de alteração da cobertura florestal do Estado do Pará, e interpretação de imagens Landsat/TM pela equipe de vegetação da Diretoria de geociências, DGC/IBGE e concluído em 1988.

Estão delimitadas em ambos os mapas, regiões fitoecológicas bem distintas pelas características fisionômico-ecológicas (Figura 3.4): Savana (Cerrado), Savana Estépica, Campinarana, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, além de Áreas de Formações Pioneiras, de Tensão Ecológica e de Refúgio Ecológico. A seguir estas fisionomias serão resumidamente descritas, de acordo com o relatório do Projeto de Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal (IBGE, 1990).





Fig. 3.4 - Mapa digitalizado de vegetação da Amazônia Legal em escala 1:20.000.000.

FONTE: IBGE (1988).

- Savana (Cerrado)

Inclui as várias formações campestres onde, com vegetação gramíneo-lenhosa baixa, se alternam às vezes pequenas árvores isoladas e galerias florestais ao longo dos rios. Mostram, assim, uma grande variabilidade estrutural e, em consequência, grandes diferenças em porte e densidade, no que também influi a intensidade de ação antrópica.

- Savana Estépica (Campos de Roraima)

É uma região fitoecológica composta de elementos arbóreos xeromórfos, cactáceos e lenhosos, espinhosos e entremeados de ervas anuais, muitas vezes com inclusões de floresta-galeria.

- Campinarana

É um tipo de vegetação restrito às áreas do alto Rio Negro e adjacências dos seus afluentes. Reveste as áreas quase sempre encharcadas, sendo caracterizada por agrupamentos de uma vegetação arbórea fina e alta.

- Floresta Ombrófila Densa

É representada por uma vegetação constituída de árvores perenifoliadas, geralmente com os brotos foliares sem proteção contra a seca.

- Floresta Ombrófila Aberta

É um tipo florestal composto de árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo pouco denso, ocupando os espaços intermediários entre a floresta ombrófila densa e a floresta estacional semidecidual.

- Floresta Estacional Semidecidual

É a vegetação onde ocorre a estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, que estão adaptados à estação da seca. A porcentagem de árvores caducifólias no conjunto florestal situa-se entre 20% e 50%. Às vezes são intercaladas por grupamentos exuberantes de algumas espécies que podem alcançar grandes alturas.

- Floresta Estacional Decidual

A floresta estacional decidual é um dos quadros que compõem o "Complexo do Cachimbo", revestindo sua porção central e se estendendo até os escarpamentos da sua borda norte, denominada "Serra do Cachimbo".

O conceito dessa região fitoecológica é semelhante ao da Floresta Estacional Semidecidual, variando apenas a intensidade da decidualidade foliar que passa a ser de 50%, ou mais, na época desfavorável.

#### - Vegetação Pioneira

Existem casos em que as plantas ocupam solos em processo de formação, situação que indica que esta vegetação está no caminho da sucessão com plantas pioneiras. Este é o caso da vegetação instalada nos solos cujo modelo é de acumulação, seja por influência marinha (praias, dunas) seja fluviomarina (deltas, lagunas) ou puramente fluviais (várzeas atuais, terraços).

Esta vegetação foi agrupada sob a designação de Formações Pioneiras, numa tentativa de conceituá-la como de primeira ocupação, sempre com plantas adaptadas às condições ecológicas desses ambientes.

#### - Áreas de Tensão Ecológica

Quando entre dois ou mais tipos de vegetação existem áreas onde estes tipos se contactam, justapondo-se ou interpenetrando-se, formam-se os contatos definidos respectivamente, em encraves e ecotonos. No primeiro caso cada mosaico guarda a identidade fisionômica sem se misturar, permitindo a identificação da formação dominante. No caso dos ecotonos, a diferença fisionômica passa a ser a nível de espécies, não sendo possível determinar a dominância de um tipo sobre o outro. As áreas de tensão ecológica são, às vezes, coincidentes com o contato de duas formações geológicas diferentes e com faixas de transição climática.

## - Refúgios Ecológicos

Os refúgios ecológicos são pequenas áreas e constituem toda e qualquer vegetação floristicamente diferente do contexto geral da flora da região, assumindo uma conotação de flora ou comunidade relíquia.

A fisionomia dos refúgios é complexa, pois, apesar de circunscritos à pequenas áreas, apresentam grandes variações.

### 3.3 - MÉTODOS

Este item apresenta a metodologia empregada para o desenvolvimento do trabalho, sendo que para atender aos objetivos propostos, ou seja, a integração dos dados de desflorestamento com vegetação, alguns fatores foram previamente considerados para a definição da metodologia:

- (a) os dados de desflorestamento e vegetação estarem em escalas e projeções diferentes;
- (b) a etapa de cruzamento no SGI ser realizada em formato varredura (raster), com uma resolução satisfatória;
- (c) o item (b) implica em um grande volume de dados para ser processado de uma só vez, principalmente se for considerada a aplicabilidade da metodologia para toda a Amazônia Legal.

Com base nas colocações feitas anteriormente, pôde se iniciar a definição da metodologia de modo que, a primeira etapa considerou o problema de escala e projeção.

### 3.3.1 - SELEÇÃO DA PROJEÇÃO DE TRABALHO

A escolha da projeção foi feita em função dos usos e limitações dos diferentes sistemas de projeções, de acordo com a finalidade do trabalho a ser desenvolvido.

Em função dos dados de vegetação apresentarem-se em duas escalas e projeções diferentes (mapa de vegetação da Amazônia Legal em escala 1:1.000.000 e projeção cônica conforme de Lambert e, em escala 1:2.500.000 - projeção policônica), ambos com material compilado do projeto Radam, procurou-se avaliar as vantagens e desvantagens dos dois produtos, antes de tomá-los como base para o trabalho, sendo a projeção cônica conforme de Lambert e a escala 1:1.000.000 adotadas.

A escolha da projeção foi fundamentada em dois aspectos: o objetivo do trabalho, que envolve a quantificação de áreas e o georeferenciamento dos polígonos de antropismo nas classes vegetação; e padronização dos dados a serem integrados num sistema de projeção adequado.

A projeção cônica conforme de Lambert foi considerada adequada quanto ao georeferenciamento, em virtude de sua propriedade de manter as formas das áreas, evitando a deformação dos polígonos. Além disso, esta projeção também proporciona precisão quanto à escala e cálculo da áreas, reunindo atribuições favoráveis à sua utilização.

A figura 3.5 apresenta a folha SB20 Purus, em formato digital, na projeção cônica conforme de Lambert.

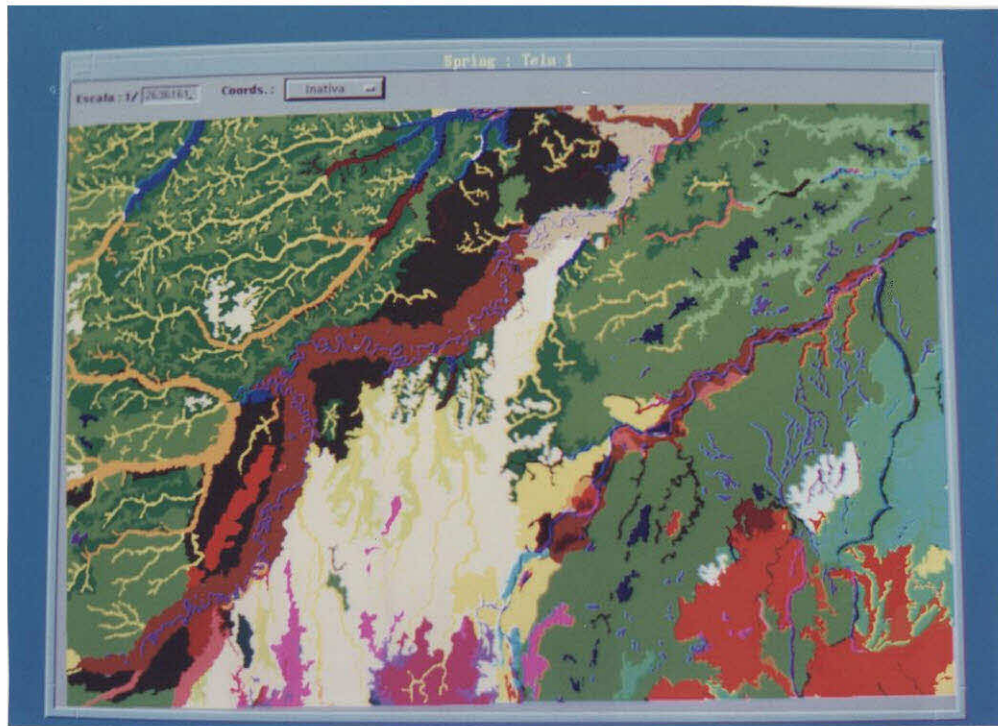


Fig. 3.5 - Mapa fitoecológico em projeção cônica conforme de Lambert e escala 1:1.000.000 - folha SB20 Purus.

### 3.3.2 - PROCEDIMENTO NO SGI/SISTEMA DE INFORMAÇÕES AMAZÔNIA

Para melhor entendimento do processo metodológico desenvolvido, um fluxograma esquemático contendo as principais fases é apresentado na Figura 3.6, sendo em seguida explicado passo a passo. A metodologia pode ser dividida em duas etapas, sendo a primeira fase responsável pela estratificação do desflorestamento por tipo de vegetação e a segunda pela comparação entre os dados de fisionomia florestal obtidos através da interpretação das imagens Landsat/TM e os dados equivalentes mapeados pelo Projeto RadamBrasil.

A manipulação dos dados foi realizada inteiramente dentro do ambiente SGI/Sistema de Informações Amazônia, sendo algumas das funções desenvolvidas especificamente para o Sistema de Informações Amazônia.

- Entrada dos dados de vegetação, desflorestamento e fisionomia florestal

Os dados de vegetação em módulos de  $6^{\circ} \times 4^{\circ}$ , escala 1:1.000.000 e projeção cônica conforme de Lambert foram transpostos para o formato digital via "scanner", constituindo mapas digitais em formato vetorial dentro do SGI, e caracterizando um único PI.

Os mapas contendo informação sobre desflorestamento e domínios de floresta e não-floresta, como já mencionado no item 3.2.1.1, foram gerados pelo processo de digitalização via mesa digitalizadora, após a elaboração dos "overlays" de interpretação das imagens, constituindo módulos de  $1,5^{\circ} \times 1^{\circ}$ , em escala 1:250.000 e projeção UTM.

Porém, diferentemente dos PIs de fisionomia florestal, a área contendo informações de desflorestamento contém de dois à cinco PIs em função das imagens que geraram cada folha MIR.

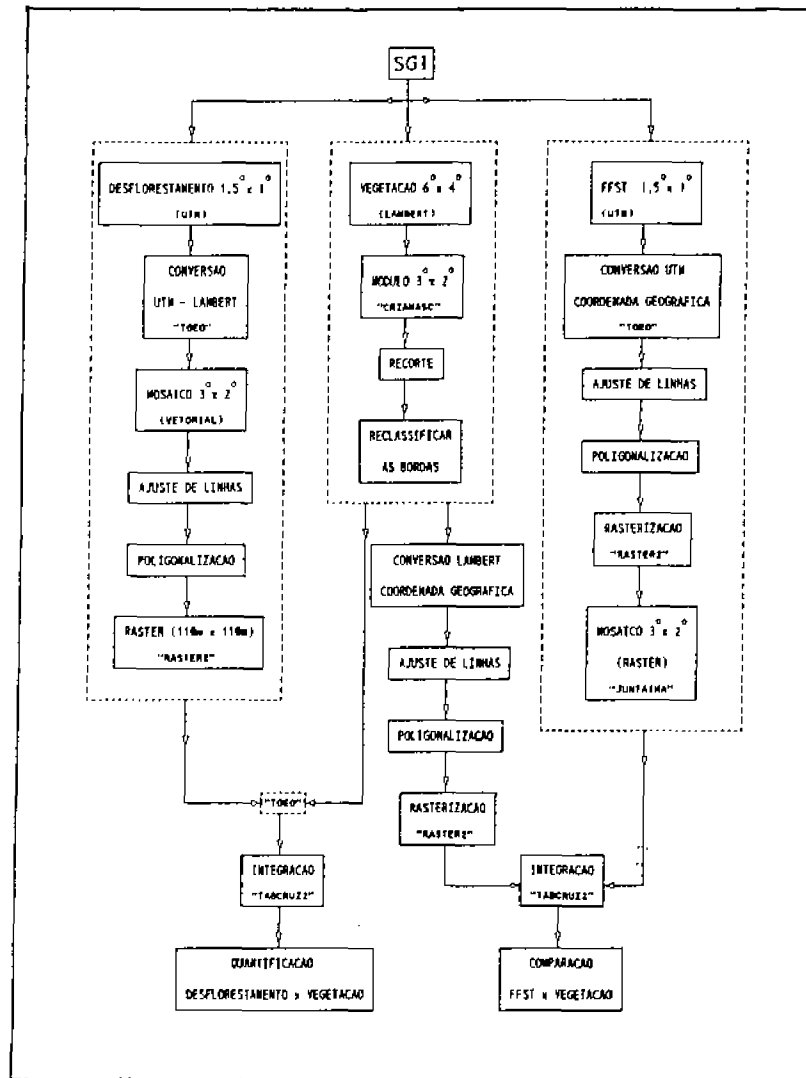


Fig. 3.6 - Fluxograma da metodologia empregada no desenvolvimento da pesquisa.

- Recorte dos dados de vegetação

A estratificação das áreas desflorestadas por tipos de vegetação foi feita no SGI, em formato varredura, o que implicou em definir a resolução para a qual os dados foram convertidos de formato. Da literatura e da prática, sabe-se que para uma boa delimitação de polígonos e de áreas, é necessário definir uma resolução adequada.



Considerando que o mapa de vegetação está em escala 1:1.000.000 e cobre uma área relativamente grande -  $6^{\circ} \times 4^{\circ}$ , o volume de dados gerado com resolução adequada é bastante elevado, dificultando a manipulação em ambiente SGI. Sendo assim, optou-se por particionar a área de estudo em módulos menores, gerando áreas compatíveis com o tamanho padrão de uma folha 1:500.000. Deste modo, com módulos menores de  $3^{\circ} \times 2^{\circ}$ , tornou-se viável o uso de uma resolução satisfatória.

Esta etapa foi realizada para os dados de vegetação, através da função "RECORTE". Antes, porém, um PI máscara foi gerado com o auxílio da função "CRIAMASC". Tal função gera uma máscara automaticamente, do tamanho desejado, bastando a entrada no sistema, das coordenadas geográficas da área de interesse. Estando o PI máscara criado e ativo no SGI, a função "RECORTE" gera um novo PI, com o tamanho delimitado pela máscara.

O recorte das áreas em módulos menores implica no ajuste e reclassificação dos polígonos situados nas bordas do retângulo envolvente da área, através das funções já existentes para tais atividades no SGI.

#### - Conversão de projeção e mosaico vetorial

Nesta fase os dados de desflorestamento passaram por um processo de conversão de projeção, em função da projeção e escala final do trabalho. Usando a terminologia do SGI/INPE, foram criados quatro projetos na projeção Lambert e escala 1:1.000.000.

Os projetos, abrangendo áreas de  $3^{\circ} \times 2^{\circ}$ , receberam os nomes de V, X, Y e Z, seguindo a nomenclatura de uma folha 1:500.000 de acordo com as convenções cartográficas (Figura 3.7).

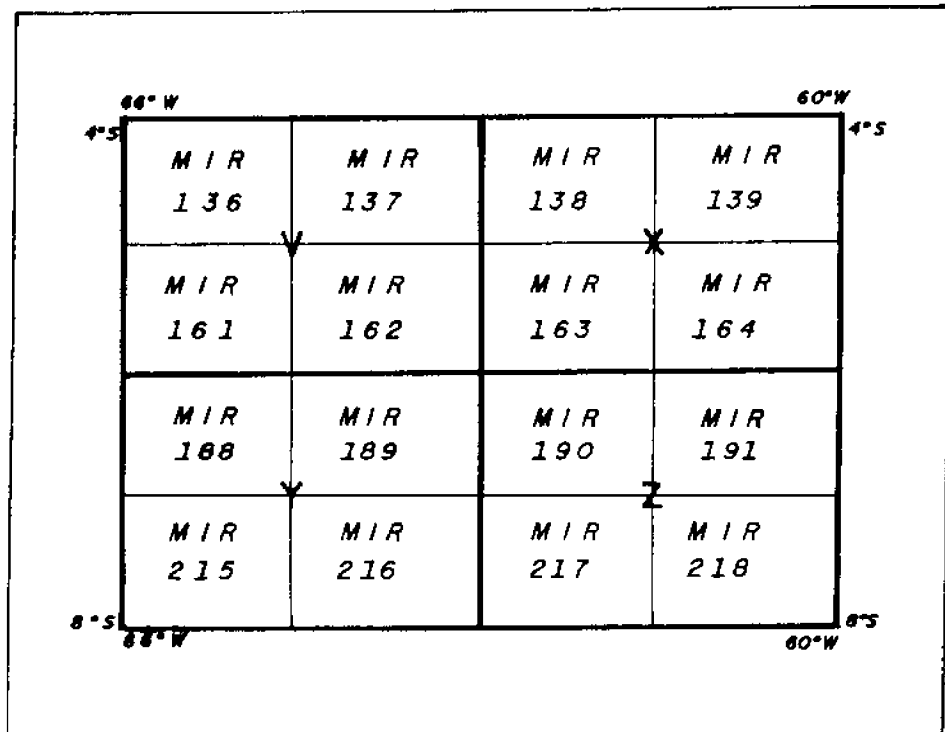


Fig. 3.7 - Carta ao milionésimo (SB20 Purus) com as 16 folhas 1:250.000 que a compõem, ilustrando a divisão em módulos.

As folhas MIR 136, 137, 161 e 162, em projeção UTM e escala 1:250.000, foram transferidas para o projeto V, constituindo um único PI nomeado ANTR (antropismo). O mesmo procedimento foi efetuado para o módulo X, com as folhas MIR 138, 139, 163 e 164; módulo Y com as folhas MIR 188, 189, 215 e 216 e finalmente, módulo Z, com as folhas MIR 190, 191, 217 e 218. A Figura 3.8 ilustra o procedimento para um dos módulos.

A linha que caracteriza a órbita/ponto de cada imagem constitui um PI individual que delimita a área de antropismo digitalizada a partir da interpretação feita nas imagens que compõem a folha MIR. As áreas de antropismo interpretadas e digitalizadas formam, no entanto, um outro PI denominado ANiA, onde *i* varia de 1 a 5, conforme o número de imagens que compõem a folha MIR. Deste modo, todos

os PIs ANiA puderam ser convertidos para o projeto de destino, formando um único PI e evitando a edição de linhas nas molduras.

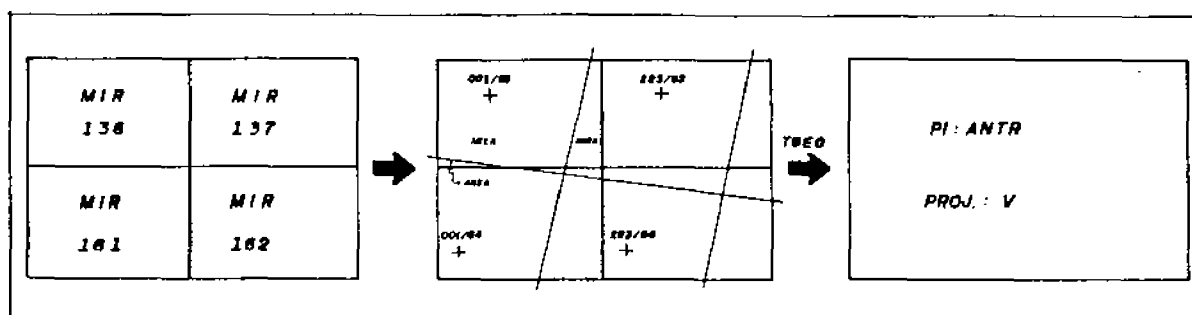


Fig. 3.8 - Exemplo do procedimento para conversão de projeção e mosaico vetorial dos PIs de antropismo, no módulo V.

Nesta fase, também os módulos de vegetação recortados foram transferidos para os respectivos projetos V, X, Y e Z, através da função "TGEO", que permite além da conversão de projeção, o transporte de dados de um projeto para outro, mesmo estando os dois projetos em projeções iguais.

- Conversão de projeção para os PIs de fisionomia florestal e vegetação

Procedimento similar ao anteriormente descrito foi utilizado para o PI de fisionomia florestal (FFST). Porém, neste caso um PI único já forma a folha MIR em projeção UTM e escala 1:250.000.

Diferentemente dos PIs de antropismo que foram mosaicados em um único PI no processo de conversão de projeção, os PIs FFST foram convertidos cada qual para um PI separado dentro dos novos projetos, criados no sistema de projeção que representa as coordenadas geográficas como

coordenadas retangulares e em escala 1:1.000.000. Por exemplo, os PIs FFST dos projetos constituídos pelas folhas MIR 136, 137, 161 e 162 foram convertidos para o projeto V como PIs individuais denominados FFSA, FFSA, FFSC e FFSD respectivamente.

Os dados de vegetação, já recortados em módulos, também foram convertidos, nesta etapa, de projeção Lambert para coordenadas geográficas, em seus respectivos projetos V, X, Y e Z. A Figura 3.9 ilustra o procedimento para o módulo V.

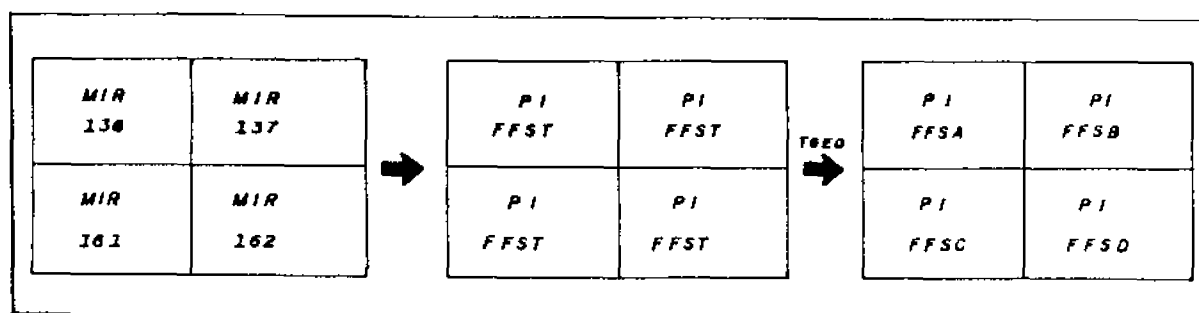


Fig. 3.9 - Exemplo do procedimento de conversão de projeção para os PIs de fisionomia florestal, no módulo V.

#### - Conversão de formato vetorial para varredura

A operação de tabulação cruzada efetuada pelo SGI é realizada para dois PIs no formato raster, sendo que os PIs imagem devem dispor de mesma resolução, com mesmo número de linhas e colunas, pois a operação é realizada pixel a pixel. Portanto, todos os PIs passaram pela conversão de formato.

Para garantir que as imagens tivessem sempre o mesmo tamanho, foi desenvolvido um algoritmo denominado "LECOORD" o qual faz a leitura das coordenadas do projeto e gera um arquivo (ASCII) que é utilizado como parâmetro na

geração das imagens. Sendo assim, o programa raster do SGI, que proporciona a geração de imagens, sofreu uma alteração para que antes de iniciar a execução, realizasse a leitura do arquivo de coordenadas gerado pelo programa "LECOORD", garantindo tamanho igual para as imagens que seriam cruzadas.

- Comparação de áreas nos formatos vetorial e varredura

Considerando que a quantificação das áreas, resultantes da integração dos dados, é realizada no formato raster, foi efetuada uma avaliação estatística para todos os polígonos de desflorestamento da área de estudo, no intuito de verificar a significância ou não das diferenças entre as médias das áreas nos dois formatos (vetorial e raster).

Segundo Mirshawka (1979) o teste de hipóteses estatísticas é talvez a área mais importante da teoria da decisão. Uma hipótese estatística é uma suposição ou afirmação que pode ser ou não verdadeira em relação a uma ou mais populações. A veracidade ou falsidade de uma hipótese estatística nunca será conhecida com certeza, a menos que se examine toda a população.

Para tanto, toma-se uma amostra aleatória da população de interesse a qual será utilizada para decidir se a hipótese é provavelmente verdadeira ou falsa. Evidências serão tiradas da amostra, que possibilitarão concluir que a hipótese formulada deve ser aceita ou rejeitada.

Vários são os testes que podem ser utilizados, os quais são ditos paramétricos quando as hipóteses se referem a parâmetros populacionais ou a comparação de parâmetros populacionais e, não paramétricos quando se referem a outros aspectos que não os parâmetros em si (Costa Neto,

1977).

Com base nas citações realizadas anteriormente, optou-se por empregar um teste para avaliar a diferença entre as médias das áreas de polígonos nos formatos vetorial e raster, portanto fazendo uma inferência paramétrica. Um exemplo de teste paramétrico é a comparação de duas médias, utilizando a estatística "t" para avaliar a significância ou não da diferença.

Um primeiro passo é considerar se os dados são emparelhados ou não. Os resultados de duas amostras constituem dados emparelhados quando estão relacionados dois a dois segundo um critério que introduz uma influência entre os diversos pares. Como o que se deseja neste trabalho é testar o comportamento dos dados em representações diferentes, eles devem ser tratados como emparelhados.

Definida a correlação dos dados, o passo seguinte é estabelecer qual teste empregar. Segundo Costa Neto (1977) a estatística t distribui-se simetricamente, com média zero, porém não normalmente, embora se aproxime da distribuição normal reduzida, principalmente quando se trata de amostras grandes ( $n \geq 30$ ).

Dowdy e Wearden (1983) enfatizaram que a estatística t deveria ser restrita à amostras extraídas de populações normais, quando a variância populacional puder ser estimada a partir da variância amostral.

Porém Walpole (1974) relata que ao assumir que  $n$  pares de observações são selecionados de duas populações não normais, porém com tamanho de amostra grande, a distribuição da média das diferenças em amostras repetidas é aproximadamente normal e que, portanto, testes de hipóteses relativos à médias podem ser realizados usando a esta-

tística t. A mesma observação foi efetuada por Marsal (1987).

Assim sendo, diante do que foi exposto, mesmo sem conhecer o comportamento da população (normal ou não), considerando o tamanho da amostra disponível suficiente ( $n=63$ ), optou-se pela utilização do teste t. O teste foi aplicado para um nível de significância de 0,05 para as seguintes hipóteses:

- $H_0$  = as médias são iguais
  - $H_1$  = as médias são diferentes
- Mosaico raster dos PIs de fisionomia florestal

Os PIs que caracterizam fisionomia florestal, abrangendo  $1,5^\circ \times 1^\circ$ , foram mosaicados dois a dois para formar um módulo de  $3^\circ \times 2^\circ$  através da função "JUNTAIMA", gerando um único PI denominado FFST.

Somente os PIs de fisionomia florestal foram mosaicados neste formato, porque se fossem unidos como os dados de desflorestamento (em formato vetorial) acarretariam grandes etapas de edição e ajuste de linhas nos limites entre uma folha e outra.

- Integração dos dados

A estratificação do desflorestamento por tipo de vegetação foi realizada através da função de tabulação cruzada - "TABCRUZ2", gerando tabelas com valores de áreas de antropismo por tipo de vegetação.

Os PIs de fisionomia florestal e vegetação foram integrados usando a mesma função. Para efeito de comparação entre os dois PIs, o PI de vegetação passou por uma

reclassificação, ficando com as mesmas classes do PI FFST. O agrupamento das classes de vegetação em floresta e não floresta foi realizado com a função "Reclassificar por Classes" do SGI, e seguiu a orientação de Santos (1993). Desta forma as seguintes classes da folha Purus foram agrupadas:

#### Áreas agrupadas como Floresta

12Pap 13Pal 21Pap 22Pal 81Fdp 82Fdg 83Fdc 84Fdb  
 85Fda 86Fdo 87Fdn 88Fds 89Fdt 90Fdr 91Fdu  
 92Fdi 93Fap 94Fac 95Fab 96Faa 97Far 98Fan  
 99Fas 100Fab 101Fao 102Fds 103Fdp 104Fdc 105Fdb  
 106Fap 107Fac 333Sad

#### Áreas agrupadas como não Floresta

14Pac 15Pae 16Pau 17Pag 18Pap 19Pau 20Pag 23Pac  
 24Pae 25Pau 26Pag 27Pfm 307Ag 329Saa 330Sp  
 331Sg 332Saa 334Saa

Para auxiliar a interpretação dos resultados e localizar espacialmente as áreas de concordância e/ou discordância entre os PIs de fisionomia florestal (Sistema Amazônia) e vegetação do Radam, foi desenvolvido um algoritmo denominado "COMPIX". Este programa faz a comparação de dois PIs, pixel a pixel, gerando um PI de saída com as áreas concordantes nos dois planos tendo valores de pixel igual a 0 (zero), e as áreas não concordantes tendo valores de pixel igual a 1 (um), de modo que o PI resultante é uma imagem que realça as diferenças existentes entre os dois planos cruzados.



## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo abrange algumas considerações metodológicas e apresenta os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta, na área delimitada pela folha SB20 Purus. A análise dos resultados oriundos dos cruzamentos dos planos de antropismo e vegetação foi efetuada através de tabelas, figuras e resultados obtidos com o cruzamento dos planos de fisionomia florestal e vegetação.

#### 4.1 - CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

##### 4.1.1 - PROJEÇÃO ADOTADA PARA O CRUZAMENTO DOS PLANOS DE FISIONOMIA FLORESTAL E VEGETAÇÃO

A integração dos dados de fisionomia florestal (FFST) e vegetação foi realizada em um sistema de projeção diferente daquele utilizado para o cruzamento dos planos de antropismo e vegetação (Cônica Conforme de Lambert). O sistema adotado representa os paralelos e meridianos como retas. Esta opção de projeção no SGI é denominada "projeção nenhuma", e trata da representação de pontos que estão em coordenadas geográficas, em coordenadas retangulares. A escolha deste sistema para realizar tal etapa do processamento foi baseada nos seguintes aspectos:

- O mosaico dos PIs de FFST foi realizado no formato raster. Embora esta operação devesse ocorrer, a priori, no formato vetorial como ocorreu com os PIs de antropismo, a existência de molduras nos planos de FFST a serem mosaicados, dificultou tal operação. O trabalho de edição e ajuste nas bordas das molduras destes planos tornou esta operação inviável do ponto de vista operacional e de custo computacional.

- Todavia, ao realizar o mosaico raster na projeção de Lambert, ou mesmo em UTM, verificou-se o aparecimento de áreas onde não há informação, implicando em pixels com valor igual a zero, entre os PIs justapostos. A presença destas áreas sem informação foi devido ao fato destas projeções, por características de construção, não gerarem as molduras dos PIs como um retângulo, aliado ao fato de que a formação da imagem no SGI corresponde a uma matriz retangular.

- Ao utilizar a projeção UTM, por exemplo, onde as coordenadas "x" e "y" variam, ambas, com a latitude e longitude do ponto, ocorre a geração de uma moldura que não corresponde a um retângulo. Ao utilizar a projeção de Lambert, o caso é similar, pois os meridianos são representados por retas aproximadas, porém não perpendiculares aos paralelos, além dos paralelos serem representados por arcos de circunferência. A Figura 4.2 exemplifica a representação das áreas onde não há informação, quando da geração da imagem no SGI.

- Finalmente, a solução para eliminar o aparecimento destas regiões entre os planos mosaicados foi dada ao empregar um sistema onde os paralelos e meridianos são representados como retas. Deste modo, com as molduras retas, após a geração das imagens os PIs foram perfeitamente justapostos, eliminando o aparecimento das áreas sem informação.

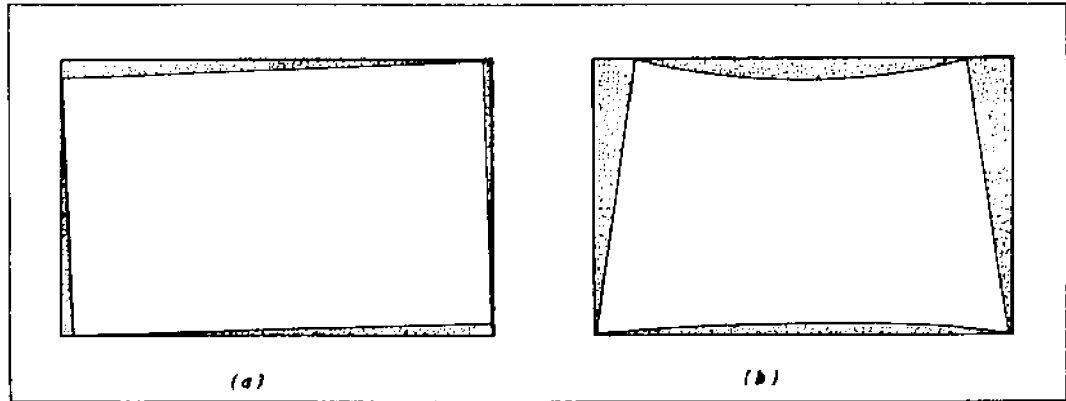


Fig. 4.1 - Representação esquemática do aparecimento de áreas sem informação na formação da imagem no SGI: (a) para projeção UTM; (b) para projeção Lambert.

#### 4.1.2 - DEFINIÇÃO DA RESOLUÇÃO DA IMAGEM

Os dados a serem integrados apresentaram-se em escalas e projeções diferentes, portanto, com precisões cartográficas diferentes. Deste modo, a definição da resolução para geração das imagens no SGI foi limitada pelos menores polígonos de antropismo mapeados na escala 1:250.000, os quais atingem áreas em torno de  $1\text{mm}^2$  (equivalente a 250m, na escala 1:250.000). Esta definição foi considerada uma vez que se desejava a representação de todos os polígonos de antropismo, ou seja, toda informação de desflorestamento representada nas cartas deveria ser mantida para posterior quantificação. Sendo assim, a resolução foi definida em 110m, sendo este o limite máximo aceitável pelo sistema SGI para o tamanho da imagem que foi usada ( $3^{\circ} \times 2^{\circ}$ ).

A resolução adotada foi considerada coerente para a boa delimitação dos polígonos (representa aproximadamente 0,4mm na escala 1:250.000), embora pudesse parecer demasiada para a escala 1:1.000.000 (representa aproximadamente 0,1mm nesta escala). No entanto, a literatura (item

2.2.3, capítulo 2) indica que quanto melhor a resolução adotada, melhor a definição dos objetos. Considerando, ainda, que para efeito de cruzamento no SGI, todos os PIs devem estar com a mesma resolução, as imagens de vegetação tiveram que ser geradas também com resolução de 110mx110m.

Para avaliar se a resolução adotada foi de fato adequada para delimitar os polígonos, realizou-se um teste de comparação entre as áreas no formato vetorial e no formato raster, conforme definido na metodologia, já que a apresentação dos resultados foi feita neste último formato.

Tomando os dados vetoriais como verdade, foi realizado um teste estatístico para obter uma estimativa da diferença entre médias, utilizando a "distribuição t". Pôde-se verificar que a diferença entre as médias das áreas nos formatos vetorial e raster foi significativa, com 95% de confiança (Apêndice B). Esta avaliação, efetuada para os polígonos dos 4 PIs de antropismo de 3<sup>o</sup>x2<sup>o</sup>, conduziu a detectar um problema com o algoritmo de conversão de formatos no SGI (RASTER2), ou seja, a diferença entre as áreas nos dois formatos não deveria ser acentuada, devido à resolução adotada.

Com base nestes resultados, o algoritmo utilizado foi adaptado, gerando um novo (RAST\_XP2). O teste realizado mostrou que a diferença entre as médias das áreas calculadas no formato vetorial e com o novo algoritmo raster não foi significativa, com 95% de confiança (Apêndice B).

No entanto, mesmo cientes da qualidade dos dados gerados com o algoritmo antigo, constatou-se a não operacionalidade do segundo algoritmo, para a geração de imagens com polígonos grandes, como é o caso dos PIs de vegetação. A observação, em termos de tempo, da geração de

uma imagem de um PI de vegetação de  $1,5^{\circ} \times 1^{\circ}$  conduziu à utilização do algoritmo antigo. A geração desta imagem, com o novo algoritmo, durou mais de 65 horas, num microcomputador da linha PC-At-486, com memória estendida de 8Mb, enquanto com o algoritmo antigo a mesma imagem foi gerada em 2 horas.

#### 4.2 - RESULTADOS DA INTEGRAÇÃO DOS DADOS

O processamento de toda a folha Purus foi dividido em quatro módulos - V, X, Y e Z, conforme explicado na metodologia. Este processamento gerou dois conjuntos de tabelas, o primeiro relacionando a vegetação mapeada pelo RadamBrasil com o antropismo do projeto Amazônia e o segundo relacionando a vegetação mapeada pelo RadamBrasil com o mapeamento equivalente realizado pelo projeto Amazônia. Estas tabelas serão apresentadas a seguir.

##### 4.2.1 - RESULTADOS DO CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS DE ANTROPISMO E VEGETAÇÃO

A Tabela 4.1 mostra as áreas resultantes do cruzamento do antropismo (ANTR) com a vegetação mapeada pelo RadamBrasil para o módulo V. Este módulo totalizou treze classes de vegetação, além da classe água e da classe atribuída às áreas sem informação (NCLAS). Entre as áreas com fisionomia florestal apenas duas (81Fdp e 95Fab) não apresentaram antropismo, podendo-se observar, também, que a maior concentração de antropismos se deu na classe 85Fda, sendo esta a classe predominante no módulo. Já as classes 83Fdc e 21Pap tiveram suas áreas completamente antropizadas, apresentando a maior concentração de antropismo por unidade de área neste módulo.

Para melhor avaliação das tabelas, em relação às classes de vegetação, deve-se considerar a listagem das classes apresentada no Apêndice A.

TABELA 4.1 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ANTROPISMO E VEGETAÇÃO  
PARA O MÓDULO V

PI DE VEGETAÇÃO "VEGV"	PI DE ANTROPISMO			TOTAL (*) %
	ANTR Km2	NCLAS Km2	BACKG Km2	
103 Fdp	5.00	5230.00	0.00	0.095
106 Fap	4.11	827.34	0.00	0.495
12 Pap	8.70	737.27	0.00	1.166
13 Pal	7.42	35.31	0.00	17.361
21 Pap	7.42	0.00	0.00	100.000
81 Fdp	0.00	35.31	0.00	0.000
83 Fdc	11.04	0.00	0.00	100.000
84 Fdb	33.03	15116.86	2.99	0.218
85 Fda	113.52	31220.63	0.12	0.362
93 Fap	4.85	2407.54	0.00	0.201
94 Fac	17.40	5636.02	0.00	0.308
95 Fab	0.00	1923.07	0.00	0.000
96 Faa	0.58	175.35	0.00	0.330
ÁGUA	16.35	1469.34	0.00	1.100
NCLAS	0.08	3090.51	0.00	0.003
TOTAL	229.50	67904.52	3.11	0.337

(\*) Percentual total de antropismo em relação à área de cada classe de vegetação.

O resultado do processamento para o módulo X é mostrado na Tabela 4.2. Este módulo apresentou vinte e duas classes de vegetação; destas, cinco não apresentaram antropismo, duas em áreas de não floresta (18Pap e 19Pau) e três em áreas de floresta (104Fdc, 13Pal e 91Fdu).

A classe 84 Fdb foi a que apresentou maior área antropizada, sendo a classe predominante no módulo. Já a classe 85 Fda apresentou a maior concentração de antropismo por unidade de área, tendo sua área completamente antropizada no módulo.

TABELA 4.2 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ANTROPISMO E VEGETAÇÃO  
PARA O MÓDULO X

PI DE VEGETAÇÃO "VEGX"	PI DE ANTROPISMO			TOTAL (*) %
	ANTR Km2	NCLAS Km2	BACKG Km2	
103 Fdp	130.39	3476.61	1.95	3.61
104 Fdc	0.00	14.65	0.00	0.00
105 Fdb	0.27	188.23	0.00	0.14
12 Pap	2.35	161.34	0.00	1.43
13 Pal	0.00	11.42	0.00	0.00
16 Pau	0.86	156.36	0.00	0.55
17 Pag	2.99	185.34	0.00	1.59
18 Pap	0.00	1068.82	0.00	0.00
19 Pau	0.00	364.03	0.00	0.00
20 Pag	3.57	471.40	0.00	0.75
22 Pal	0.17	3970.87	0.00	0.00
26 Pag	0.10	113.30	0.00	0.09
81 Fdp	26.80	909.29	0.12	2.86
82 Fdg	2.80	221.62	0.00	1.25
83 Fdc	18.00	5993.43	0.00	0.30
84 Fdb	420.90	38728.23	0.40	1.08
85 Fda	30.75	0.00	0.00	100.00
86 Fdo	28.24	4824.02	0.00	0.58
90 Fdr	4.65	1250.31	0.00	0.37
91 Fdu	0.00	68.29	0.00	0.00
94 Fac	2.75	1589.93	0.00	0.17
95 Fab	0.28	2651.91	0.00	0.01
ÁGUA	8.99	1488.51	0.00	0.60
NCLAS	0.23	0.00	0.00	100.00
TOTAL	685.07	67907.90	2.47	1.00

(\*) Percentual total de antropismo em relação à área de cada classe de vegetação.

A Tabela 4.3 mostra as áreas resultantes do cruzamento para o módulo Y. Este módulo apresentou vinte e seis classes de vegetação. Entre as áreas com fisionomia florestal quatro (85Fda, 12Pap, 101Fao e 107Fac) não apresentaram antropismo e o mesmo acontecendo com áreas classificadas como não floresta (17Pag, 18pap, 19Pau e 23Pac) não apresentaram áreas antropizadas. Pode-se observar também que a maior concentração de antropismos ocorreu na

classe 95Fab, sendo esta também a classe predominante no módulo.

O módulo Y não apresentou classes totalmente antropizadas como nos módulos anteriores, entretanto a classe que apresentou maior concentração de antropismo por unidade de área foi a classe 307Ag. Esta última classe representa, no projeto RadamBrasil, área de ação antrópica, indicando concordância entre as classificações dos dois produtos.

A Tabela 4.4 apresenta os resultados para o módulo Z. Das trinta e sete classes de vegetação presentes neste módulo, nove não apresentaram antropismo, sendo quatro em áreas com fisionomia florestal (92Fdi, 93Fap, 104Fdc e 105Fdb) e cinco em áreas de não floresta (14Pac, 17Pag, 25Pau, 26Pag e 27Pfm). Observa-se que a maior concentração de antropismos se deu na classe 84 Fdb, sendo esta a classe predominante no módulo. Este módulo apresentou uma baixa concentração de antropismo por unidade de área em todas as classes de vegetação presentes, sendo a classe 332Saa a que apresentou maior concentração.



TABELA 4.3 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ANTROPISMO E VEGETAÇÃO  
PARA O MÓDULO Y

PI DE VEGETAÇÃO "VEGY"	PI DE ANTROPISMO			TOTAL (*) %
	ANTR Km2	NCLAS Km2	BACKG Km2	
329 Saa	4.80	377.97	0.00	1.25
330 Sp	7.10	1261.07	0.00	0.56
331 Sg	0.47	267.85	0.00	0.18
81 Fdp	2.19	1090.68	0.00	0.20
83 Fdc	2.53	7434.42	0.00	0.03
84 Fdb	6.29	12439.30	0.00	0.05
85 Fda	0.00	3558.61	0.00	0.00
93 Fap	26.77	2005.20	0.00	1.32
94 Fac	79.01	6420.34	0.00	1.22
95 Fab	193.47	21872.92	0.00	0.88
96 Faa	9.03	3465.97	0.00	0.26
12 Pap	0.00	36.47	0.00	0.00
14 Pac	0.11	81.47	0.00	0.13
16 Pau	0.50	53.92	0.00	0.91
17 Pag	0.00	97.85	0.00	0.00
18 Pap	0.00	111.65	0.00	0.00
19 Pau	0.00	72.44	0.00	0.00
333 Sad	3.12	1409.15	0.00	0.22
334 Saa	107.59	2750.75	0.00	3.76
100 Fab	1.59	406.75	0.00	0.39
101 Fao	0.00	61.38	0.00	0.00
23 Pac	0.00	448.29	0.00	0.00
103 Fdp	8.98	5234.73	0.00	0.17
104 Fdc	0.34	1273.83	0.00	0.03
107 Fac	0.00	99.35	0.00	0.00
307 Ag	11.47	3.05	0.00	79.00
ÁGUA	1.43	481.71	0.00	0.30
NCLAS	0.24	3122.36	0.00	0.01
TOTAL	467.02	75939.49	0.00	0.61

(\*) Percentual total de antropismo em relação à área de cada classe de vegetação.

TABELA 4.4 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ANTROPISMO E VEGETAÇÃO  
PARA O MÓDULO Z

PI DE VEGETAÇÃO "VEGZ"	PI DE ANTROPISMO			TOTAL (*) %
	ANTR Km2	NCLAS Km2	BACKG Km2	
332 Saa	13.36	93.19	0.00	12.54
81 Fdp	3.23	272.36	0.00	1.17
83 Fdc	8.70	2258.31	0.00	0.38
84 Fdb	162.49	28259.65	0.00	0.57
85 Fda	44.59	1591.15	0.00	2.73
87 Fdn	28.07	2657.29	0.00	1.05
88 Fds	53.98	9484.25	0.00	0.57
89 Fdt	3.23	1165.28	0.00	0.28
90 Fdr	35.39	5924.39	0.00	0.59
91 Fdu	2.96	3175.51	0.00	0.09
92 Fdi	0.00	6.22	0.00	0.00
93 Fap	0.00	202.08	0.00	0.00
94 Fac	22.55	4161.80	0.00	0.54
95 Fab	27.07	1758.64	0.00	1.52
97 Far	26.14	427.60	0.00	5.76
98 Fan	1.73	563.59	0.00	0.31
99 Fas	33.00	1040.93	0.00	3.07
12 Pap	0.24	51.18	0.00	0.47
13 Pal	1.62	65.28	0.00	2.42
14 Pac	0.00	8.78	0.00	0.00
15 Pae	0.69	28.24	0.00	2.38
16 Pau	3.96	273.19	0.00	1.43
17 Pag	0.00	193.72	0.00	0.00
18 Pap	5.52	781.25	0.00	0.70
19 Pau	0.08	910.26	0.00	0.01
20 Pag	0.08	1014.88	0.00	0.01
333 Sad	5.05	669.00	0.00	0.75
102 Fds	3.24	61.42	0.00	5.01
21 Pap	0.28	821.88	0.00	0.03
24 Pae	18.28	164.73	0.00	9.99
25 Pau	0.00	2.08	0.00	0.00
26 Pag	0.00	231.72	0.00	0.00
103 Fdp	6.15	1274.96	0.00	0.48
104 Fdc	0.00	150.78	0.00	0.00
105 Fdb	0.00	1595.45	0.00	0.00
107 Fac	2.19	404.43	0.00	0.54

(continua)

Tabela 4.4 - Conclusão

27 Pfm	0.00	101.80	0.00	0.00
ÁGUA	5.63	689.82	0.00	0.81
NCLAS	3.67	2445.35	0.00	0.15
<hr/>				
TOTAL	523.17	74982.43	0.00	0.69

(\*) Percentual total de antropismo em relação à área de cada classe de vegetação.

Os resultados dos quatro módulos acima, foram agrupados, através de uma planilha eletrônica, originando a Tabela 4.5 a qual mostra o resultado total do cruzamento para a folha Purus.

TABELA 4.5 - RESULTADO TOTAL DO CRUZAMENTO ANTROPISMO E VEGETAÇÃO PARA A FOLHA SB20 - PURUS

PI DE VEGETAÇÃO VEG"VXYZ"	ANTR Km2	PI DE ANTROPISMO			TOTAL Km2	(*) %
		NCLAS Km2	BACKG Km2			
100 Fab	0.00	406.75	0.00	406.75	0.13	
101 Fao	0.00	61.38	0.00	61.38	0.02	
102 Fds	0.00	61.42	0.00	61.42	0.02	
103 Fdp	150.51	15216.29	1.95	15368.75	5.09	
104 Fdc	0.34	1439.26	0.00	1439.60	0.48	
105 Fdb	0.27	1783.67	0.00	1783.94	0.59	
106 Fap	4.11	827.34	0.00	831.45	0.28	
107 Fac	2.19	503.78	0.00	505.97	0.17	
12 Pap	11.29	986.26	0.00	997.55	0.33	
13 Pal	1.62	99.60	0.00	101.22	0.03	
14 Pac	0.11	90.25	0.00	90.36	0.03	
15 Pae	0.69	28.24	0.00	28.93	0.01	
16 Pau	5.31	483.47	0.00	488.78	0.16	
17 Pag	2.99	476.91	0.00	479.90	0.16	
18 Pap	5.52	1961.71	0.00	1967.23	0.65	
19 Pau	0.08	1346.73	0.00	1346.81	0.45	
20 Pag	3.65	1486.28	0.00	1489.93	0.49	
21 Pap	7.70	1591.34	0.00	1599.04	0.53	
22 Pal	0.17	3970.87	0.00	3971.04	1.31	
23 Pac	0.00	448.29	0.00	448.29	0.15	

(continua)

Tabela 4.5 - Conclusão

24 Pae	18.28	164.73	0.00	183.01	0.06
25 Pau	0.00	2.08	0.00	2.08	0.00
26 Pag	0.10	345.02	0.00	345.12	0.11
27 Pfm	0.00	101.80	0.00	101.80	0.03
307 Ag	11.47	3.05	0.00	14.52	0.00
329 Saa	4.80	377.97	0.00	382.77	0.13
330 Sp	7.10	1261.07	0.00	1268.18	0.42
331 Sg	0.47	267.85	0.00	268.32	0.09
332 Saa	13.36	93.19	0.00	106.55	0.04
333 Sad	8.17	2078.15	0.00	2086.32	0.69
334 Saa	107.59	2750.75	0.00	2858.35	0.95
81 Fdp	32.22	2307.64	0.12	2339.98	0.77
82 Fdg	2.80	221.62	0.00	224.42	0.07
83 Fdc	40.27	23481.30	0.00	23521.57	7.78
84 Fdb	622.71	94544.03	3.39	95170.13	31.50
85 Fda	188.86	41331.57	0.12	41520.55	13.74
86 Fdo	28.24	4824.02	0.00	4852.26	1.61
87 Fdn	28.07	2657.29	0.00	2685.37	0.89
88 Fds	53.98	9484.25	0.00	9538.22	3.16
89 Fdt	3.23	1165.28	0.00	1168.51	0.39
90 Fdr	40.04	7174.70	0.00	7214.73	2.39
91 Fdu	2.96	3243.80	0.00	3246.77	1.07
92 Fdi	0.00	6.22	0.00	6.22	0.00
93 Fap	31.62	4614.82	0.00	4646.44	1.54
94 Fac	121.71	17808.09	0.00	17929.80	5.93
95 Fab	220.81	28206.53	0.00	28427.34	9.41
96 Faa	9.61	3641.33	0.00	3650.93	1.21
97 Far	26.14	427.60	0.00	453.74	0.15
98 Fan	1.73	563.59	0.00	565.32	0.19
99 Fas	33.00	1040.93	0.00	1073.92	0.36
ÁGUA	32.39	4129.38	0.00	4161.77	1.38
NCLAS	4.22	8658.22	0.00	8662.44	2.87
-----					
TOTAL	1892.51	300247.71	5.58	302145.80	100.00
-----					
TOTAL (*)	0.63%	99.37%	0.002%	100.00%	
-----					
TOTAL DA CARTA = 302145.80 Km2					

(\*) Total em relação à área da carta.

Esta tabela apresenta a estratificação das áreas desflorestadas pelos tipos de vegetação classificados pelo projeto RadamBrasil, constituindo o objetivo principal do trabalho, apresentando também a porcentagem total de cada classe em relação à área total da carta Purus. A análise destes resultados será efetuada conjuntamente com os dados oriundos do cruzamento dos planos de FFST e vegetação no item 4.3.

#### 4.2.2 - RESULTADOS DO CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS FISIONOMIA FLORESTAL E VEGETAÇÃO

Para auxiliar a análise dos resultados obtidos com o cruzamento dos planos de antropismo e de vegetação, foi elaborada a Tabela 4.6, a qual é resultante do processamento dos módulos V, X, Y e Z, para os planos de fisionomia florestal e vegetação. As tabelas que originaram a Tabela 4.6 encontram-se no Apêndice C.

Na Tabela 4.6 pode-se verificar que houve concordância entre as classes com fisionomia florestal dos dois planos utilizados, bem como, áreas que evidenciam a discordância entre elas, além da ocorrência de água em classes do PI de vegetação. Esta tabela, analogamente à Tabela 4.5, também apresenta o total de cada classe em relação à área da folha Purus.

As classes 97Far e 98Fan, por exemplo, representam regiões de floresta e incidiram totalmente na classe de floresta do PI FFST. Já a classe 103Fdp, por exemplo, além de incidir na classe floresta, como de fato deveria, ocorreu também nas classes de não floresta e água. Este fato se repetiu para a maioria das classes do PI de vegetação, de modo que foram constatadas também, classes de não floresta, como por exemplo 334Saa (Savana arbórea aberta), em áreas de floresta. Estes resultados juntamente

com as tabelas anteriormente apresentadas serão analisados a seguir.

TABELA 4.6 - RESULTADO TOTAL DO CRUZAMENTO VEGETAÇÃO E FI-  
SIONOMIA FLORESTAL PARA A FOLHA SB20 - PURUS

PI DE VEGETAÇÃO VEG"VXYZ	PI DE FFST			TOTAL (*) Km2	%
	FLOR Km2	NÃO FLOR Km2	ÁGUA Km2		
100 Fab	394.08	19.18	0.00	413.27	0.14
101 Fao	58.83	3.39	0.00	62.22	0.02
102 Fds	62.15	3.39	0.00	65.54	0.02
103 Fdp	13044.13	1535.79	904.11	15484.02	5.22
104 Fdc	1416.24	32.46	5.95	1454.65	0.49
105 Fdb	1627.09	99.71	75.16	1801.96	0.61
106 Fap	759.78	33.56	42.99	836.34	0.28
107 Fac	309.29	0.00	39.30	348.59	0.12
12 Pap	504.78	350.37	150.39	1005.53	0.34
13 Pal	78.71	21.71	1.79	102.20	0.03
14 Pac	64.74	26.79	0.00	91.52	0.03
15 Pae	10.26	11.66	7.27	29.19	0.01
16 Pau	248.39	172.06	0.00	420.45	0.14
17 Pag	146.77	214.97	123.08	484.82	0.16
18 Pap	1277.82	704.52	2.73	1985.07	0.67
19 Pau	1146.77	213.11	0.00	1359.88	0.46
20 Pag	1090.10	416.18	0.00	1506.28	0.51
21 Pap	1061.62	504.04	46.71	1612.37	0.54
22 Pal	3258.85	616.60	119.36	3994.81	1.35
23 Pac	451.03	2.64	0.00	453.67	0.15
24 Pae	138.28	21.92	24.66	184.86	0.06
25 Pau	0.92	1.17	0.00	2.09	0.00
26 Pag	186.62	93.49	68.24	348.36	0.12
27 Pfm	102.87	0.00	0.00	102.87	0.03
307 Ag	11.95	1.43	1.21	14.59	0.00
329 Saa	371.09	15.95	0.00	387.04	0.13
330 Sp	465.32	818.70	0.00	1284.02	0.43
331 Sg	124.83	146.40	0.00	271.22	0.09
332 Saa	103.09	5.07	0.00	108.16	0.04
333 Sad	1954.08	156.77	0.00	2110.85	0.71
334 Saa	2798.94	91.45	0.00	2890.39	0.97
81 Fdp	1977.87	121.59	261.11	2360.58	0.80
82 Fdg	202.58	0.03	23.53	226.13	0.08
83 Fdc	22895.14	251.82	533.55	23680.50	7.99
84 Fdb	94843.58	797.26	222.27	95863.11	32.33
85 Fda	41401.00	163.43	223.83	41788.27	14.09
86 Fdo	4475.05	0.00	409.06	4884.11	1.65

(continua)

Tabela 4.6 - Conclusão

87 Fdn	2692.72	11.12	12.79	2716.64	0.92
88 Fds	9504.44	75.31	61.64	9641.39	3.25
89 Fdt	1182.43	0.00	0.00	1182.43	0.40
90 Fdr	7184.74	69.63	29.01	7283.38	2.46
91 Fdu	3194.07	52.03	31.71	3277.81	1.11
92 Fdi	6.09	0.21	0.00	6.30	0.00
93 Fap	4440.25	95.20	142.37	4677.82	1.58
94 Fac	17372.43	504.95	187.45	18064.83	6.09
95 Fab	28469.23	175.60	14.43	28659.26	9.67
96 Faa	3687.61	3.13	0.00	3690.73	1.24
97 Far	458.95	0.00	0.00	458.95	0.15
98 Fan	1030.13	0.00	0.00	1030.13	0.35
99 Fas	1077.35	2.61	6.50	1086.46	0.37
ÁGUA	1332.23	186.66	2663.61	4182.50	1.41
NCLAS	410.21	23.48	82.74	516.42	0.17
<hr/>					
TOTAL	281107.48	8868.52	6518.56	296494.56	100.00%
<hr/>					
TOTAL (*)	94.81%	2.99%	2.20%	100.00%	
<hr/>					
TOTAL DA CARTA = 296494.56 Km2					

(\*) Total em relação à área da carta

#### 4.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor analisar os resultados apresentados no item anterior, as classes de vegetação mapeadas pelo Projeto RadamBrasil foram agrupadas em floresta, não floresta e água, tornando-se similares às classes mapeadas pelo Projeto Amazônia, conforme definido na metodologia.

O projeto Amazônia, como já mencionado anteriormente, tem mapeado somente os antropismos existentes em áreas de floresta, utilizando a resposta espectral da vegetação interpretada nas imagens Landsat/TM, como principal fonte de discriminação entre os alvos com fisionomia de floresta e não floresta. Este aspecto foi considerado ao agrupar as classes da folha Purus, e deve ser considerado ao analisar as tabelas.

O agrupamento das classes permitiu que novas tabelas fossem geradas. Deste modo, a Tabela 4.7 apresenta valores, em área (km<sup>2</sup>) e percentuais, referentes ao cruzamento realizado entre o PI de antropismo e o PI de vegetação com as classes agrupadas.

Verificou-se que o PI de vegetação (RadamBrasil) totalizou 91,83% de áreas classificadas como floresta, 3,93% de áreas classificadas como não floresta, 1,38% de água e 2,87% de áreas sem informação. O PI de antropismo totalizou 0,626% de áreas desflorestadas, 0,002% com a classe "background" e 99,372% com áreas sem informação de antropismo (NCLAS).

TABELA 4.7 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ENTRE O PI DE ANTROPISMO E O PI DE VEGETAÇÃO COM AS CLASSES AGRUPADAS

PI DE VEGETAÇÃO	PI DE ANTROPISMO		PI DE ANTROPISMO				TOTAL (*)	
	ANTR		NCLAS		BACKGR			
	KM2	%	KM2	%	KM2	%	KM2	%
FLOR	1674.36	0.554	275770.71	91.27	5.58	0.002	277450.65	91.83
NFLOR	181.54	0.060	11689.40	3.87	0.00	0.000	11870.93	3.93
ÁGUA	32.39	0.011	4129.38	1.37	0.00	0.000	4161.77	1.38
NCLAS	4.22	0.001	8658.22	2.87	0.00	0.000	8662.44	2.87
TOTAL	1892.51	0.626	300247.71	99.37	5.58	0.002	302145.80	100.00

(\*) Total em relação à área da carta

A presença de áreas sem informação no PI de vegetação ocorreu por dois motivos:

a) o programa "Lecoord", utilizado para garantir que as imagens tivessem sempre o mesmo tamanho, leu as coordenadas do projeto, as quais foram utilizadas como parâmetros para a geração da imagem no SGI. Como a carta digitalizada do RadamBrasil apresentou um erro cartográfico máximo de 0,5mm na escala da carta, suas linhas limites apareceram



deslocadas em relação à posição verdadeira, de modo que, a área do projeto, interpretada pelo programa "Lecoord", apresentou-se maior do que a carta digitalizada em alguns pontos (Figura 4.2). Portanto, quando o programa raster foi utilizado para geração das imagens, ocorreu a formação de pixels sem informação nas bordas;

b) a existência dessas áreas também pode ser explicada pelo fato do PI de vegetação estar na projeção Lambert, que conforme explicado no item 4.1.1, não apresenta moldura retangular.

A alta porcentagem de áreas sem informação no PI de antropismo foi devido, na maior parte, à pequena ocorrência de polígonos de desflorestamento na área da carta, pois, a imagem no SGI é gerada a partir dos polígonos identificados com classes, sendo a área restante do PI preenchida com pixels possuindo valor igual a zero. Também o fato da projeção não gerar uma moldura retangular contribui para o aparecimento de áreas sem informação de antropismo.

Na Tabela 4.8 são apresentados os percentuais do cruzamento das classes do PI de vegetação com o PI de antropismo em relação ao total da área de antropismo, áreas sem informação e "background", respectivamente.

Pode-se verificar que do total de antropismo mapeado, 88,47% incidiu em classes de floresta, 9,59% incidiu em classes de não floresta, 1,71% na classe água e 0,22% na classe atribuída às áreas sem informação no PI de vegetação.

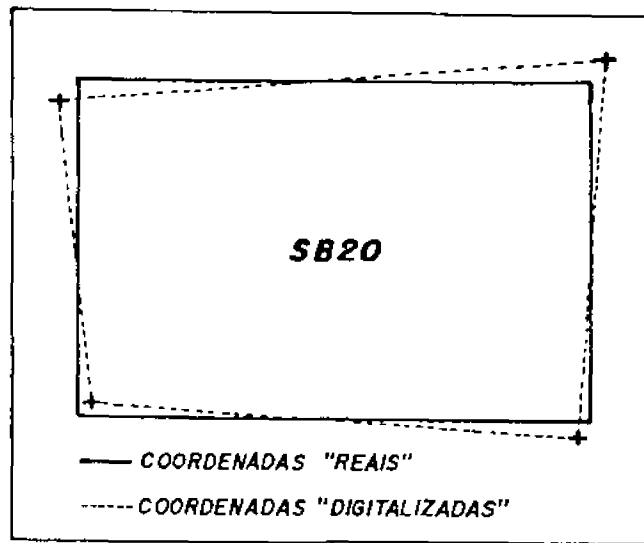


Fig. 4.2 - Ilustração da área da carta digitalizada em relação à área do projeto.

TABELA 4.8 - PERCENTUAL DO CRUZAMENTO DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO EM RELAÇÃO AO TOTAL DE CADA CLASSE DO PI ANTROPISMO

PI DE VEGETAÇÃO	PI DE ANTROPISMO		
	ANTR %	NCLAS %	BACKGR %
FLORESTA	88.47	91.85	100.00
NÃO FLOR	9.59	3.89	0.00
ÁGUA	1.71	1.38	0.00
NCLAS	0.22	2.88	0.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00

Com o resultado desta tabela tornou-se possível visualizar graficamente (Figura 4.3) a incidência do antropismo nas classes de vegetação agrupadas do RadamBrasil, e constatou-se que embora o antropismo devesse ocorrer somente em áreas de fisionomia florestal, houve ocorrência de antropismo na classe atribuída à áreas de não floresta no RadamBrasil, o que foi indicativo de diferenças na classificação temática dos dois produtos. Esta suposição condu-

ziu a uma avaliação conjunta dos resultados dos cruzamentos de antropismo com vegetação e fisionomia florestal e vegetação.

A Tabela 4.9 apresenta o resultado do cruzamento efetuado entre os PIs de fisionomia florestal e vegetação agrupada, evidenciando diferenças na classificação temática e na posição das feições mapeadas nos dois projetos, já que áreas de floresta e não floresta incidiram em água, além da ocorrência de floresta em não floresta e vice-versa.

TABELA 4.9 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS DE FFST E VEGETAÇÃO AGRUPADA

PI DE VEGETAÇÃO	ÁGUA		PI DE FFST				TOTAL Km2	(*) %
	Km2	%	FLOR Km2	PRIMA %	NÃO FLOR Km2	%		
FLORESTA	3545.02	1.20	270625.26	91.27	5700.88	1.92	279871.16	94.39
NÃO FLOR	227.20	0.08	8739.78	2.95	2957.50	1.00	11924.48	4.02
ÁGUA	2663.61	0.90	1332.23	0.45	186.66	0.06	4182.50	1.41
NCLAS	82.74	0.03	410.21	0.14	23.48	0.01	516.42	0.17
<b>TOTAL</b>	<b>6518.56</b>	<b>2.20</b>	<b>281107.48</b>	<b>94.81</b>	<b>8868.52</b>	<b>2.99</b>	<b>296494.56</b>	<b>100.00</b>

(\*) Total em relação à área da carta

Observa-se que embora os dois projetos tenham mapeado porcentagens muito próximas de vegetação com fisionomia florestal (94,81% no projeto Amazônia e 94,39% no projeto RadamBrasil), a concordância foi de 91,27% entre as áreas de floresta de ambos os PIs, sendo que 2,95% corresponderam à áreas de floresta do projeto Amazônia incidindo em não floresta do projeto RadamBrasil, 0,45% em água e 0,14% nas áreas sem informação.

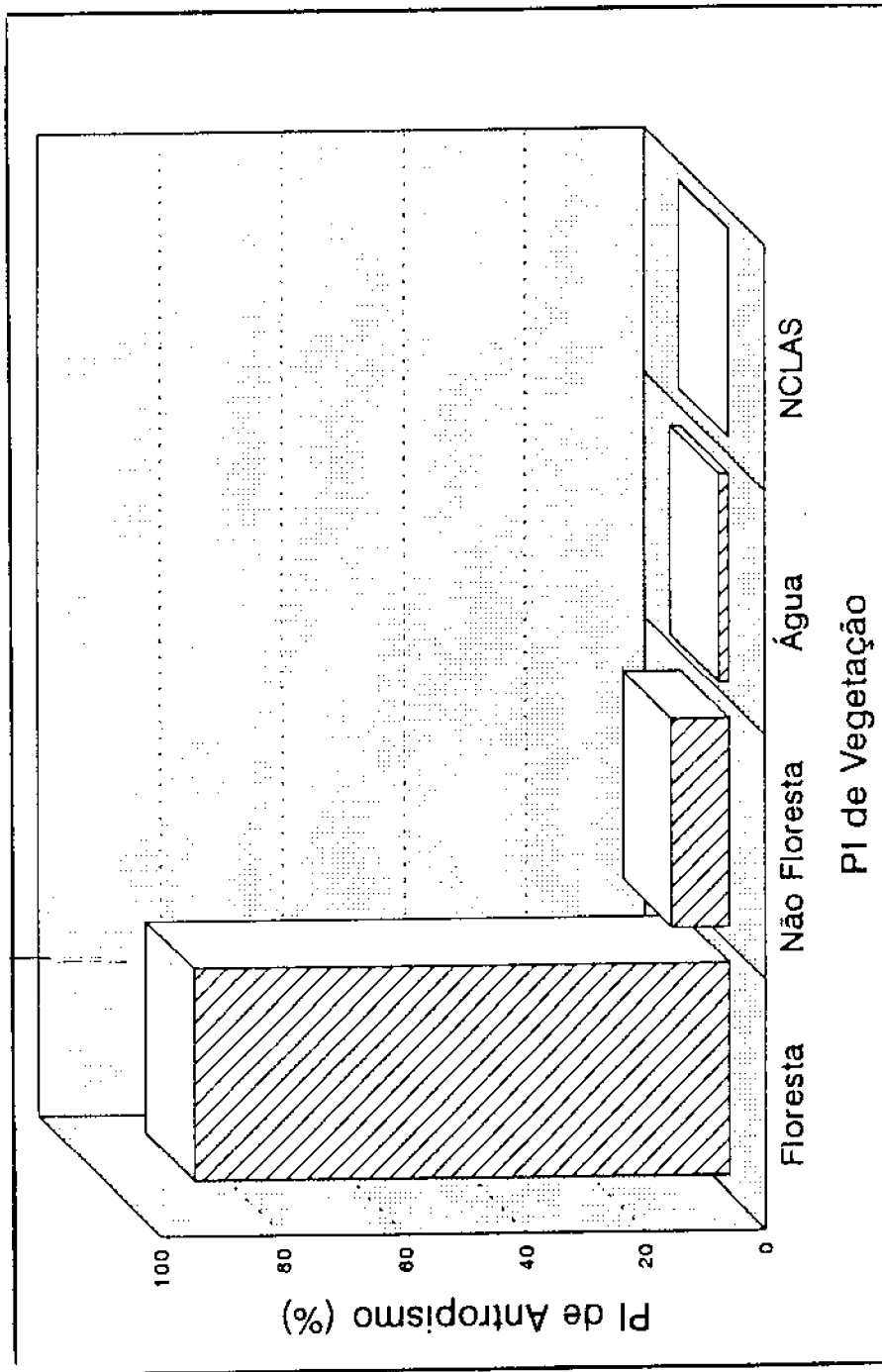


Fig. 4.3 - Gráfico apresentando a incidência do antropismo nas classes de vegetação agrupadas do RadamBrasil.

Para visualizar espacialmente estas diferenças, conforme descrito na metodologia (item 3.3.2), através do programa "Compix", foi possível a geração de imagens no SGI que auxiliaram na interpretação dos resultados.

A imagem resultante do processamento efetuado para o módulo Y, mostra, como exemplo, uma grande mancha de vegetação que foi classificada pelo projeto RadamBrasil com a classe 334Saa, ou seja, Savana Arbórea Aberta, e que no projeto Amazônia foi classificada como área de fisionomia florestal.

A Figura 4.4 mostra uma seqüência de imagens, onde: (a) apresenta uma ampliação evidenciando a classificação do projeto RadamBrasil, para área de savana anteriormente citada; (b) a mesma área, porém com a classificação do projeto Amazônia e (c) a imagem resultante do cruzamento dos dois planos anteriores, realçando em verde a diferença de classificação temática (área de savana no projeto RadamBrasil) e a diferença na posição das feições mapeadas nos dois produtos.

A cor amarelo representa as áreas coincidentes nos dois projetos, tanto em classificação temática quanto em posicionamento.

Esta diferença de classificação explica, juntamente com a diferença de posicionamento existente entre os dois mapeamentos, parte da ocorrência de antropismos em áreas de não floresta.

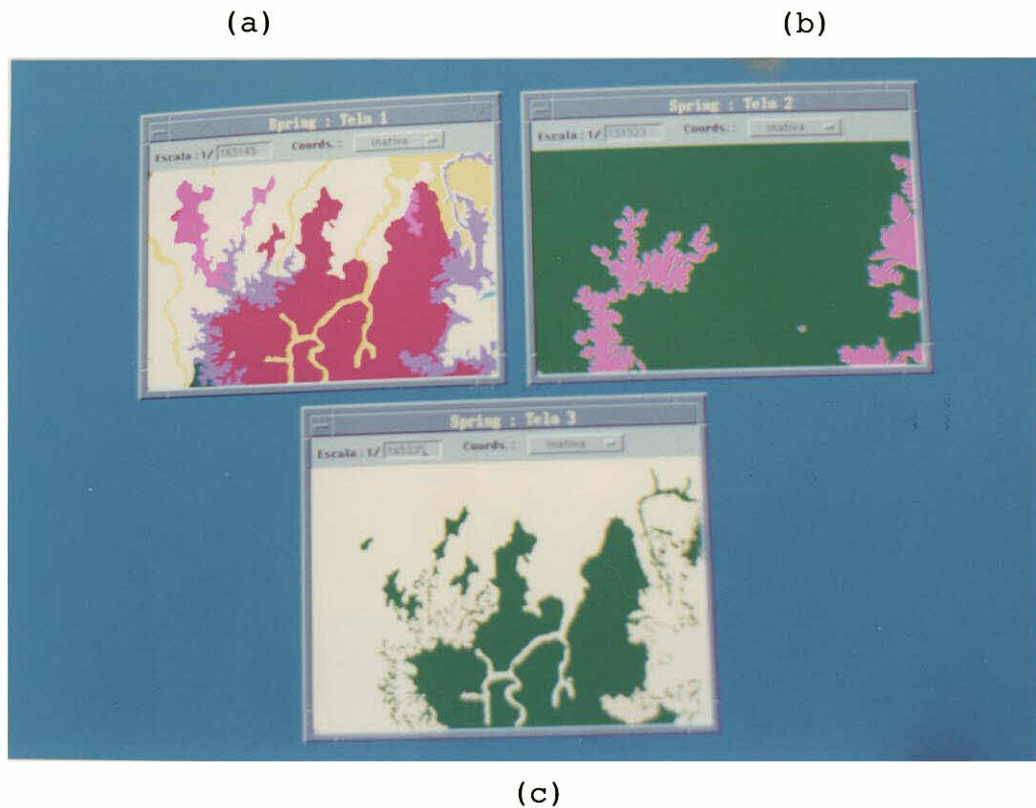


Fig. 4.4 - Diferença de classificação entre a vegetação mapeada pelos projetos Amazônia e RadamBrasil: (a) ampliação apresentando área classificada pelo projeto RadamBrasil; (b) ampliação apresentando a mesma área, porém classificada pelo projeto Amazônia; (c) imagem resultante do cruzamento dos planos (a) e (b), realçando a diferença de classificação entre os dois produtos.

A constatação da diferença de classificação acima mencionada, conduziu a uma análise visual da imagem Landsat/TM, em papel, da área localizada na Figura 4.4.

Deste modo, a Figura 4.5 apresenta a imagem Landsat/TM, composição 3, 4, 5 associada às cores azul, verde e vermelho respectivamente, que deu origem à interpretação do projeto Amazônia para a área em questão. Pode-se observar na imagem TM da Figura 4.5 que:

- a área em questão está limitada, no sentido leste-oeste, por padrões de cor magenta que indicam áreas com ausência de vegetação e com muita influência do solo, caracterizando resposta espectral de vegetação que não apresenta fisionomia florestal, porém classificadas de maneira semelhante nos dois projetos como pode ser visualizado na Figura 4.4 a e b.

- a resposta espectral da área onde as classificações temáticas não concordaram, caracteriza vegetação com fisionomia florestal, concordando com a classificação do projeto Amazônia.

Deste modo pôde-se verificar que, embora o agrupamento das classes proposto por Santos (1993) tenha aproximado as classificações, os dois produtos não concordaram totalmente, provavelmente por serem produtos oriundos de fontes e metodologias diferentes.

Portanto, a interpretação das classes nos dois mapeamentos foi diferente, de modo que algumas áreas que tiveram antropismos mapeados no projeto Amazônia, por localizarem-se em áreas que nas imagens Landsat/TM apresentaram resposta espectral característica de fisionomia florestal, incidiram em regiões classificadas como não floresta para o projeto RadamBrasil.

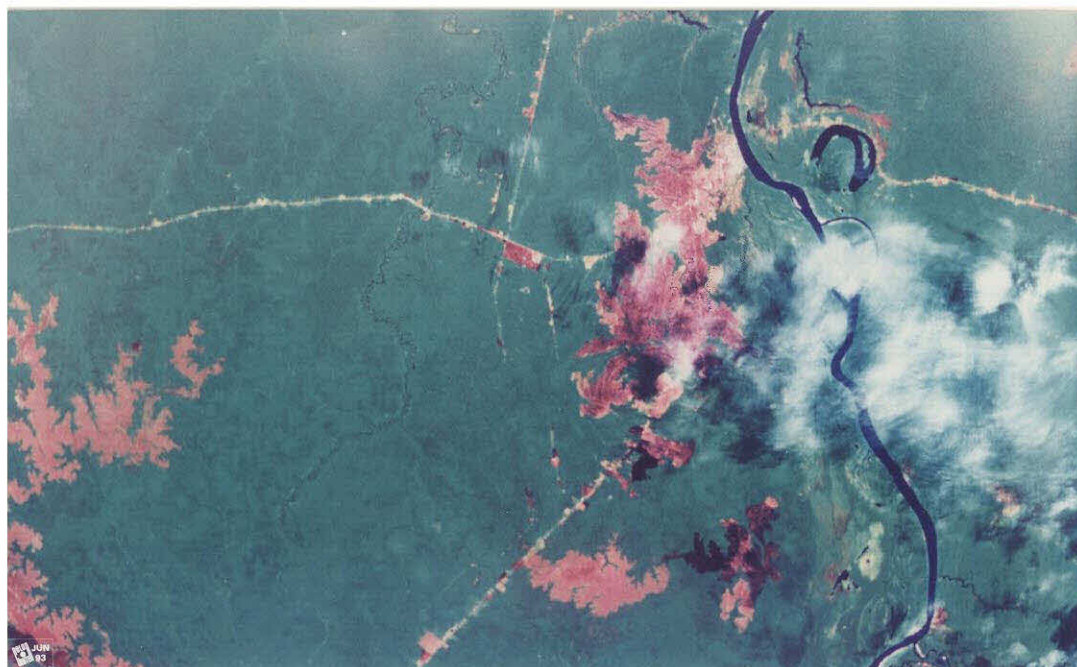


Fig. 4.5 - Imagem Landsat/TM, composição 3, 4, 5 (associada às cores azul, verde e vermelho respectivamente), evidenciando a área classificada como fisionomia florestal no projeto Amazônia.

O cruzamento dos planos de vegetação e fisionomia florestal mostrou, também, que áreas morfologicamente iguais, classificadas no RadamBrasil como floresta, apareceram no projeto Amazônia como não floresta, o que pode ser visualizado na Figura 4.6.

A Figura 4.6 apresenta: (a) ampliação da área classificada pelo projeto RadamBrasil como floresta; (b) ampliação da mesma área, porém com a classificação do projeto Amazônia, ou seja, não floresta; (c) imagem resultante do cruzamento de (a) e (b), realçando em verde as áreas discordantes nos dois produtos e em amarelo as áreas concordantes.



(a)

(b)



(c)

Fig. 4.6 - Diferença de classificação temática entre áreas morfológicamente iguais nos dois produtos: (a) ampliação da área classificada pelo projeto RadamBrasil; (b) ampliação da área classificada pelo projeto Amazônia; (c) imagem resultante do cruzamento de (a) e (b).

Neste caso também utilizou-se da imagem Landsat/TM (Figura 4.7) que deu origem à classificação do projeto Amazônia.

Pode-se observar na Figura 4.7 que a região de discordância em classificação nos dois projetos, apresenta uma coloração magenta na imagem. Tal resposta espectral, para a composição colorida em que se apresenta a imagem, caracteriza uma resposta para área com pouca vegetação, onde está havendo influência da resposta do solo, o

que mostra o motivo da classificação do projeto Amazônia como não floresta.

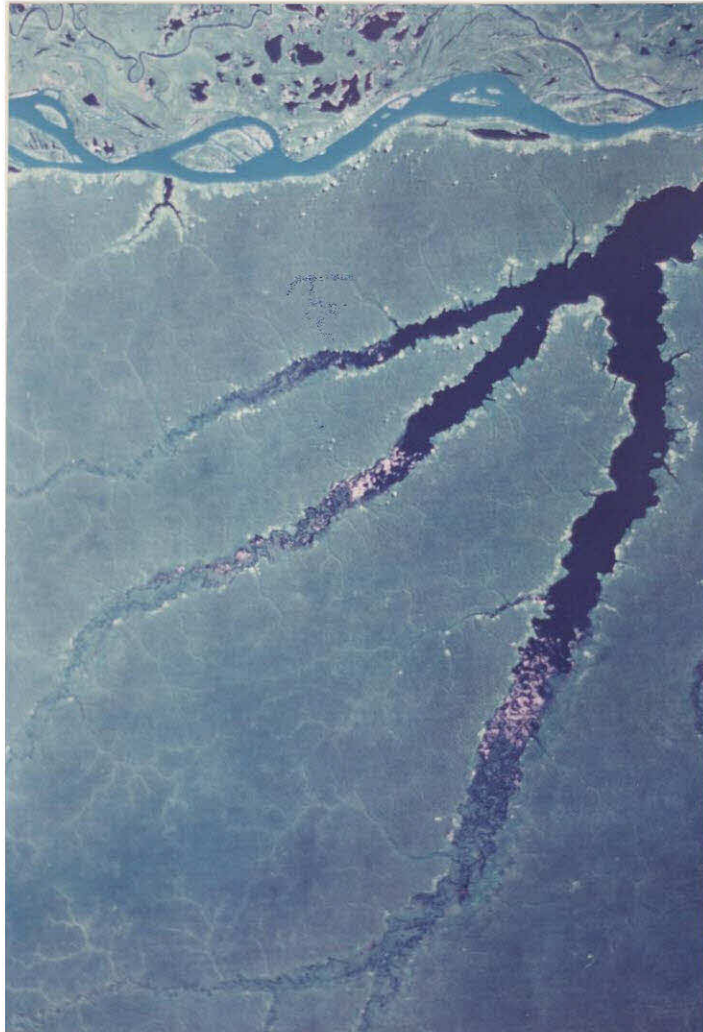


Fig. 4.7 - Imagem Landsat/TM, composição 3, 4, 5 (associada às cores azul, verde e vermelho respectivamente), mostrando a resposta espectral (cor magenta) característica de vegetação sem fisionomia florestal.

Quanto a diferença na posição das feições de drenagem, mapeadas nos dois produtos, pode-se visualizar na Figura 4.8, a imagem resultante do cruzamento entre os planos FFST e vegetação, para uma área que realça em verde a diferença no mapeamento do rio Purus nos dois projetos, e em amarelo a área de concordância.

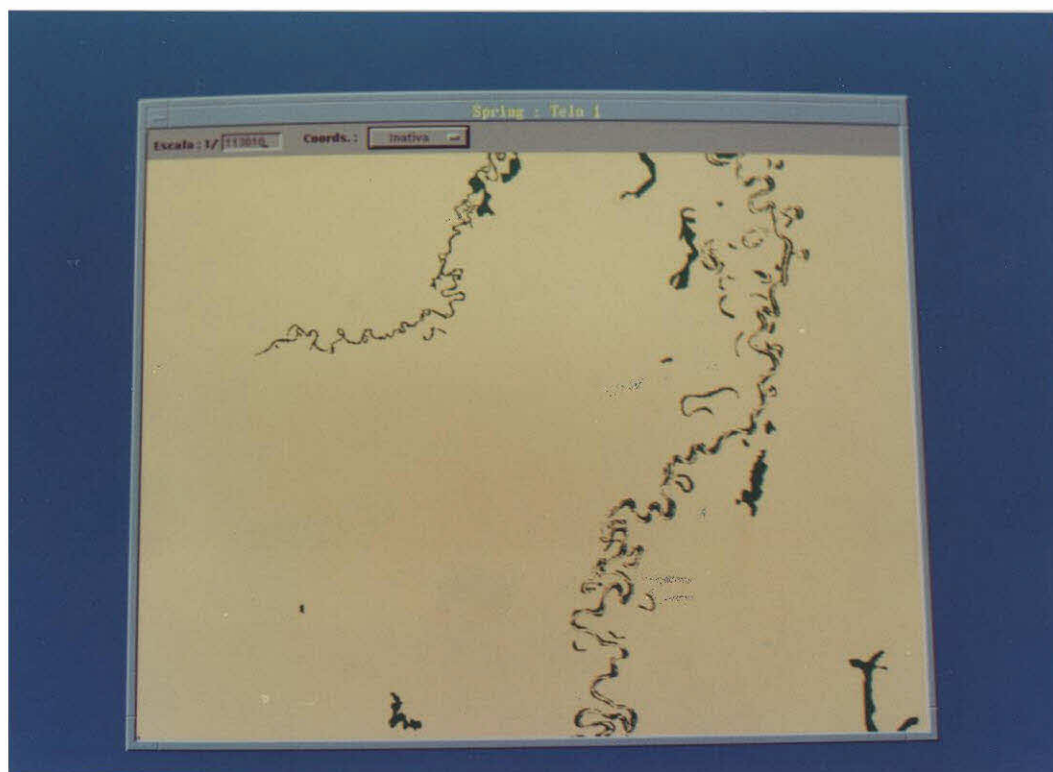


Fig. 4.8 - Imagem realçando, em verde, diferença na posição do Rio Purus mapeado nos dois projetos.

A diferença na posição de feições equivalentes nos dois produtos explica parte da ocorrência de vegetação na classe água, podendo-se associar tal explicação, também, à ocorrência de antropismos em água, já que o mapeamento de FFST e antropismo, ambos do projeto Amazônia, utilizaram-se da mesma base cartográfica para sua geração.

Na seqüência, os resultados da Tabela 4.10 mostram que do total de água mapeado pelo projeto Amazônia, 54,38% incidiram em áreas de floresta do projeto RadamBrasil, havendo concordância de 40,86%. Porém, tal ocorrência também encontra explicação em outros motivos que não implicam somente em deslocamento de feições.

TABELA 4.10 - PERCENTUAL DO CRUZAMENTO DAS CLASSES DE VEGETAÇÃO EM RELAÇÃO AO TOTAL DE CADA CLASSE DO PI FFST

PI DE VEGETAÇÃO	PI DE FFST		
	ÁGUA %	FLOR PRIMA %	NÃO FLOR %
FLORESTA	54.38	96.27	64.28
NÃO FLOR	3.49	3.11	33.35
ÁGUA	40.86	0.47	2.10
NCLAS	1.27	0.15	0.26
TOTAL	100.00	100.00	100.00

Um dos primeiros pontos a ser considerado na avaliação da quantidade de água mapeada nos dois projetos, é a natureza dos dois produtos, os quais apresentaram-se em escalas diferentes e, portanto, com precisões cartográficas diferentes.

A escala do mapeamento de vegetação, 1:1.000.000, sugere que suas feições topográficas estejam generalizadas em relação à escala 1:250.000, podendo acarretar diferenças na posição das feições em geral e na quantidade de água mapeada nos dois produtos. O processo de aquisição da informação que gerou os dois mapeamentos, até a elaboração final dos produtos, provavelmente conduziu a um acúmulo de erros, inerente à produção de mapas, que foi transportado para o produto final, resultante da integração dos dois mapeamentos em questão.

Um segundo aspecto pode ser considerado ao reportar à Tabela 4.9, onde pode-se notar que o projeto Amazônia mapeou mais áreas de água do que o projeto Radam-Brasil. Este fato, aliado à classificação empregada pelo RadamBrasil para vegetação situada em áreas sujeitas a inundação explica, também, a ocorrência de água do projeto Amazônia em classes de floresta do projeto RadamBrasil.

Na Tabela 4.6, por exemplo, verifica-se que a classe 103Fdp teve parte da sua área incidindo em água, sendo das áreas de floresta mapeadas pelo projeto RadamBrasil, a que apresentou maior incidência na classe água do projeto Amazônia.

Porém, esta classe (103Fdp) localiza-se, de acordo com o projeto RadamBrasil, em área de contato das formações pioneiras/floresta e caracteriza uma formação aluvial de planícies periodicamente inundadas. É fato que não se pode isentar a existência de diferenças geométricas entre os mapeamentos, porém, por tratarem-se de produtos oriundos de metodologias diferentes, é possível que áreas mapeadas como vegetação periódica ou permanentemente inundadas pelo RadamBrasil, tenham sido interpretadas como água no projeto Amazônia, podendo ser um indicativo de diferenças sazonais entre as fontes de dados utilizadas nos dois produtos.

A comprovação do efeito anteriormente citado, pode ser visualizada na figura 4.9, onde: (a) mostra a ampliação de uma área no projeto Amazônia, onde são observados vários corpos d'água; (b) ampliação da mesma área no projeto RadamBrasil indicando menor presença de água em relação ao dado anterior e, evidenciando na cor "ferrugem" parte da classe 103Fdp.

Da Figura 4.9 pode-se inferir que quando os dois planos foram cruzados, a porcentagem superior de água do projeto Amazônia, realçada na área da figura, incidiu em área do projeto RadamBrasil, neste caso, classificada como contato entre formações pioneiras/floresta (103fdp) situada em região periodicamente inundada. Este fato explica a ocorrência de floresta do projeto RadamBrasil em água do projeto Amazônia.



(a)

(b)

Fig. 4.9 - Constatação de corpos d'água mapeados no projeto Amazônia, que não se encontram mapeados no projeto RadamBrasil: (a) ampliação da área no projeto Amazônia; (b) ampliação da área no projeto RadamBrasil.

Analisando ainda a Figura 4.9 e sabendo que na parte (a), correspondente ao projeto Amazônia, a cor verde representa vegetação sob domínio de floresta e a cor rosa representa vegetação classificada como não floresta, e

que na parte (b) a cor "ferrugem" representa floresta no projeto RadamBrasil, pode-se verificar que:

- o cruzar as informações apresentadas na Figura 4.9 a e b, o resultado apresentará áreas classificadas como não floresta no projeto Amazônia incidindo em área de floresta para o RadamBrasil.

De fato, ao reportar à Tabela 4.6, verifica-se que a maior porcentagem de áreas classificadas como não floresta pelo projeto Amazônia, incidiu na classe de floresta do projeto RadamBrasil denominada 103Fdp.





## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia desenvolvida permitiu estratificar as áreas desflorestadas por tipos de vegetação na folha SB20 Purus, mediante o emprego de produtos cartográficos digitais, em escalas e projeções diferentes, atingindo o objetivo proposto.

A integração dos dados em escalas e projeções diferentes no SGI, mostrou-se satisfatória, comprovando que os sistemas de informações geográficas, constituem uma ferramenta importante na integração de dados oriundos de fontes diferentes e em grandes volumes, como é o caso da Amazônia.

A utilização de um sistema de projeção que representa os meridianos e paralelos como retas, indicou a viabilidade do processamento no sistema utilizado, eliminando as áreas não classificadas entre os planos justapostos.

A ocorrência de áreas desflorestadas em regiões de não floresta, conduziu à uma avaliação conjunta destes resultados, com os que foram obtidos com cruzamento da vegetação do Radam e os dados equivalentes do projeto Amazônia. A existência de áreas de savana e floresta no projeto Radam, mapeadas no projeto Amazônia como áreas de floresta e não floresta respectivamente, veio comprovar que o cruzamento dos planos de fisionomia florestal e vegetação, auxiliou na avaliação qualitativa dos resultados oriundos da integração dos planos de antropismo e vegetação, colaborando significativamente na interpretação destes e explicando a ocorrência de alguns antropismos em áreas de não floresta.

Constatou-se, também, que a ocorrência de antropismos em classes de não floresta não pode ser justificada somente pela diferença de classificação existente entre os dois produtos, mas também pela existência de diferenças na posição das feições mapeadas. Este último apontamento ficou evidenciado quando se verificou a presença de áreas desflorestadas na classe água, e também a incidência de parte da água mapeada no projeto Amazônia em áreas de floresta do projeto Radam.

A análise visual do cruzamento entre os planos de fisionomia florestal e vegetação permitiu comprovar que as diferentes metodologias e critérios de classificação, empregados na geração dos dois mapeamentos em questão, explicam parte da presença de água do projeto Amazônia nas áreas classificadas pelo projeto Radam como floresta, porém florestas situadas em áreas sujeita à inundação.

Embora tenha-se procurado aproximar as classificações dos dois mapeamentos, tornando-os similares para efeito de comparação, foram constatadas variações entre as classificações adotadas originalmente nos dois projetos, de modo que a análise visual das imagens Landsat/TM contribuíram para a avaliação destas diferenças.

A ausência de informações de campo ou de outra fonte que pudesse ser considerada mais precisa que as utilizadas, não possibilitou a avaliação da precisão cartográfica dos dois produtos que foram integrados. Também a análise, em termos de classificação temática, tornou-se difícil por se tratar da avaliação de produtos elaborados com metodologias diferentes, que se utilizaram de critérios e fontes de informação diferentes para sua elaboração.

A aplicabilidade da metodologia para toda a Amazônia deve considerar os resultados obtidos com a área teste, de modo que a análise para cada módulo de  $6^{\circ} \times 4^{\circ}$  (folha ao milionésimo) deve ser individual e considerar a avaliação dos resultados em conjunto com o cruzamento dos dados de fisionomia florestal, pois não se pode afirmar que exista incompatibilidade temática e mesmo deslocamento de feições para as demais folhas.

A divisão da área de estudo em módulos menores permitiu que o processamento fosse efetuado com resolução adequada. Porém, ao considerar o emprego da metodologia para toda região Amazônica, recomenda-se a adaptação da mesma em um sistema que possibilite a integração de áreas maiores, mantendo resolução adequada, como é o caso do Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, SPRING, diminuindo assim as etapas de processamento.

Recomenda-se, ainda, que a continuidade da utilização da metodologia no sistema SGI, requer o desenvolvimento de um algoritmo mais adequado para conversão de formatos (vetor-raster), não só visando os interesses deste trabalho, mas também para os outros usuários do sistema que se utilizam desta função, a qual é pré-requisito para a maioria das funções de manipulação de dados no sistema SGI.

Sugere-se testar a metodologia em regiões que apresentem maior quantidade de áreas desflorestadas, como por exemplo Rondônia ou Mato Grosso, e com maior ocorrência de áreas com fisionomia de não floresta.

Finalmente, deve-se considerar que a não disponibilidade de informações adequadas gera incertezas nos resultados e que, este trabalho, ao propor a metodologia utilizada, propiciou avaliações importantes na integração de produtos de naturezas diferentes, que constituem

o documento publicado de vegetação mais detalhado que existe, juntamente com os dados, considerados mais precisos, de desflorestamento sobre a Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, D.S. Sistemas de informação geográfica. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 1., São Paulo, 23-25 maio, 1990. **Anais**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990, v.1, p.66-78.
- Alves, D.S.; Souza, R.C.M.; Ii, F.A.M. Uma arquitetura flexível para a manipulação de dados espaciais. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 1., São Paulo, 23-25 maio, 1990. **Anais**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990, v.1, p. 296-299.
- Alves, D.S.; Meira Filho, L.G.; d'Alge, J.C.L.; Mello, E.K.; Medeiros, J.S.; Santos, J.R.; Oliveira, J.D.; Moreira, J.C.; Tardin, A.T. The Amazonia Information System. In: ISPRS Congress, Commission VI, Washington, Aug., 1992. **Archives**. Washington, 1992, v.28, p.259-266.
- Aronoff, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa, WDL Publications, 1989. 295 p.
- Bakker, M.P.R. **Cartografia: noções básicas**. Rio de Janeiro, Marinha do Brasil, 1965. 242 p.
- Blakemore, M. Generalisation and error in spatial databases. **Cartographica**, 7(2):131-139, 1984.
- BRASIL. Leis, Decretos etc. Lei n<sup>o</sup> 5.173 de 27 de outubro de 1986. In: Diário Oficial, 1986.
- Brown, S. Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. **Science**, 233:1291-1293, Mar., 1984.

- Brown, S.; Gillespie, A.J.R.; Lugo, A.E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4):881-902, 1989
- Burrough, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessmet.** Oxford, Clarendon, 1987. 193 p.
- Câmara Neto, G.; Velasco, F.R.D.; Oliveira, J.L.de. **Projeto de um sistema geográfico de informação.** São José dos Campos, INPE, jun. 1983. (INPE-2782-PRE/348). Apresentado no 10. Seminário Integrado de Software e Hardware - SEMISH, Campinas, 25-29 set., 1983.
- Costa Neto, P.L.O. **Estatística.** São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1977. 264p.
- Cross, A. AVHRR as a data source for a GIS: deforestation in Amazonia. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Washington, D.C., May 20-24, 1990. **Proceedings**, s.l., s.ed. 1990, p.223-226.
- Deetz, C.; Adams, O. **Elements of map projection.** Washington, U.S.C.G.S, 1921. 163 p. (special publication - n<sup>o</sup> 68).
- Doi, S.; Guimarães, J.G.; Sillman, M.S.; Silva, S.B. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. In: Projeto Radambrasil, **folha SB20 Purus.** Rio de Janeiro, DNPM, 1978, p.365-490. (Levantamento de Recursos Naturais, V.17).
- Dowdy, S.; Wearden, S. **Statistics for research.** New York, John Wiley & Sons, 1983. 537p.

ENGESPAÇO. **Sistema de Informação Geográfica-SGI, Manual do usuário.** São José dos Campos, 1988.

Erthal, G.J.; Oliveira, M.O.B. de.; Felgueiras, C.A.; Câmara Neto, G.; Paiva, J.A. de. **O banco de dados geográficos do INPE.** São José dos Campos, INPE, ago. 1988. (INPE-4636-PRE/348). Apresentado no 1. Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Rio de Janeiro, 11-12 abril, 1986.

Fearnside, P.M. The rate and extent of deforestation in Brazilian Amazonia. **Environmental Conservation**, 17(3):213-225, Autumn. 1990.

Fearnside, P.M.; Tardin, A.T.; Meira Filho, L.G. **Deforestation rate in Brazilian Amazonia.** São José dos Campos, SCT, 1990. 8p.

Formaggio, A.R. **Características agrônômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e de feijão.** (Tese de Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo - ESALQ, Piracicaba, out., 1989. 161 p.

Gentry, A.H. Deforestation and increased flooding of the upper Amazon. **Science**, 210(19):1354-1356, 1980.

Goodchild, M.F. The issue of accuracy in global databases. In: International Geographical Union Global Database Planning Project, 1., Hampshire, 9-13 May, 1988a. **Proceedings.** Taylor & Francis, 1988. p. 31-44.

---

\_\_\_\_\_ A model of error for choropleth maps, with applications to geographic information systems. In: International Geographical Union Global Database Planning Project, 1., Hampshire, 9-13 May, 1988b. **Proceedings.** Taylor & Francis, 1988, p. 165-172.

- Goodchild, M. F.; Guoqing, S.; Shiren, Y. **Development and test of an error model for categorical data.** University of California, 1992 (manuscrito).
- Grant, L. Difuse and specular characteristics of leaf reflectance. **Remote Sensing of Environment**, 22(2):309-322, 1987.
- Hall, D.O.; Calle, F.R. CO<sub>2</sub> cycling by biomass: global bioproductivity and problems of deforestation. In: Meeting Amazônia: Facts, Problems and Solutions, São Paulo, Jul 31-Aug 1, 2, 1989. **Annals.** São José dos Campos, INPE, 1989, v.1, p. 514-549.
- Ii, F.A.M.; D'alge, J.C.L.; Souza, R.C.M.de; Correia, V.R. de M.; Ii, S.S. Integração de imagens orbitais a uma base de dados cartográficos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6., Manaus, 24-29 jun., 1990. **Anais.** São José dos Campos, INPE, 1990, v.1, p.250-254.
- Institute of Hydrology/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (IH/INPE) **The ABRACOS Project.** São José dos Campos, s.d.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) **Mapa de Vegetação da Amazônia Legal:** escala 1:2.500.000. Rio de Janeiro, 1988.
- \_\_\_\_\_ **Relatório do Projeto de Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal.** Rio de Janeiro, 1990.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) **Deforestation in Brazilian Amazonia.** São José dos Campos, SCT, 1992.



- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) **Estudo do Desflorestamento na Amazônia: descrição metodológica.** São José dos campos, 1991. (Manuscrito, 16p.).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), **Climate Change, The IPCC Scientific Assessment,** WMO/UNEP. Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
- Knipling, E.B. Physical and physiological basis for the reflectance of the visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment,** 1(3):155-159, 1970.
- Malingreau, J.P.; Tucker, C.J. Large-scale deforestation in the Southeastern Amazon Basin of Brazil. **Ambio,** 17(1):49-55, 1988.
- Marble, D.F.; Peuquet, D.J. Geographic information systems and remote sensing. In: Colwell, R.N. ed. **Manual of remote sensing.** 2.ed. Virgínia, American Society of Photogrammetry, 1983. v.1, cap.22, p. 923-958.
- Marsal, D. **Statistics for geoscientists.** Oxford, Pergamon, 1987. 176p.
- Medeiros, J.S.de. **Projeto SIGA - Sistemas de informações geográficas da Amazônia.** SUDAM, Belém. mar., 1989. (Proposta de projeto).
- Mirshawka, V. **Probabilidades e estatística para engenharia.** São Paulo, Livraria Nobel, 1979.
- Moore III, B. **Emissions from land-use and biomass burning.** University of New Hampshire, 1993. Workshop on Inventories of Net Anthropogenic Emissions of Greenhouse Gases, São José dos Campos, INPE, Mar. 9-11, 1993.

- Muller, J.C. Theoretical considerations for automated map generalization. *ITC Journal*, 3(4):200-204, 1989.
- Myers, N. Tropical deforestation and remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 23:215-225, 1988.
- Newcomer, J.A.; Szajgin, J. Accumulation of thematic map errors in digital overlay analysis. *The American Cartographer*, 11(1):58-62, 1984.
- Novo, E.M.L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** São Paulo, Edgard Blucher, 1989. 308p.
- Oliveira, C. **Curso de cartografia moderna.** Rio de Janeiro, IBGE, 1988. 152p.
- PROJETO RADAMBRASIL. **Folha SB20 Purus.** Rio de Janeiro, DNPM, 1978. (Levantamento de Recursos Naturais, v.17).
- Rankin, J.M. Manejo Florestal ecológico. **Suplemento Acta Amazônica**, 9(4):115-122, 1979.
- Rhind, D.W.; Green, N.P.A. Design of a geographical information system for a heterogeneous scientific community. *International Journal of Geographical Information Systems*, 2(2):171-189, 1988.
- Richardus, P.; Adler, R.K. **Map projections.** Oxford, North Holland/American Elsevier, 1971. 174 p.
- Ricobom, A.E. **Tópicos de cartografia.** Curitiba, UFPr, 1986. Trabalho elaborado como subsídio às aulas do curso de pós-graduação em Geografia-especialização em análise ambiental.
- Santos, J.R. São José dos Campos, 1993. Comunicação Pessoal. **Vegetação da Amazônia.**

- Sioli, H. The effects of deforestation in Amazonia. **The Ecologist**, 17(4-5):134-138, 1987.
- Skole, D.L.; Chomentowski, W.H.; Nobre, C. **New estimates of Amazonian deforestation rates in the late 1970s using a geographic information system**, 1990. (Manuscrito, 14p.).
- Skole, D.L.; Moore III, B.; Chomentowski, W. **Geographically referenced carbon biomass burning in Brazil, 1970-1980**. s.d.. (Manuscrito, 65 p.).
- Souza, R.C.M.; Câmara Neto, G.; Alves, D.S. O desenvolvimento de sistemas de informação geográfica e de processamento de imagens no INPE. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 1., São Paulo, 23-25 maio, 1990. **Anais**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990, v.1, p.168-173.
- Stone, T.A.; Brown, I.F.; Woodwell, G.M. Estimation, by remote sensing, of deforestation in central Rondonia, Brazil. **Journal of Forest Ecology and Management**, 38(1):291-304, 1991.
- Tardin, A.T.; Lee, D.C.L.; Santos, R.J.R.; Assis, O.R.; Barbosa, M.P.S.; Moreira, M.L.; Pereira, M.T.; Silva, D.; Santos Filho, C.P. **Subprojeto desmatamento: convênio IBDF/CNPq - INPE**. São José dos Campos, INPE, 1980. 49p. (INPE-1649-RPE/103).
- Vitek, J.D.; Walsh, S.J.; Gregory, M.S. Accuracy in geographic information systems: an assessment of inherent and operational errors. In: Pecora Symposium, 9., Sioux Falls, 2-4 Oct., 1984. **Proceedings**. Virginia, Falls Church, 1984, p.296-303.

Walsh, S.J.; Lightfoot, D.R.; Butler, D.R. Assessment of inherent and operational errors in geographic information systems. In: ASPRS-ACSM Annual Convention, Baltimore, March 29-April 3, 1987a. **Annals**. Baltimore, 1987, v.5, p.24-34.

\_\_\_\_\_ Recognition and assessment of error in geographic information systems. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 53(10):1423-1430, Oct. 1987b.

Watson, R.T.; Meira Filho, L.G.; Sanhueza, E.; Janetos, A. **Greenhouse gases: sources and sinks**, 1992. (Atualização do capítulo 1 da publicação do IPCC, 1990). Pré-print.

Whede, M. Grid cell size in relation to errors in maps and inventories produced by computerized map processing. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 48(8):1289-1298, 1982.

Woodwell, G.M. The carbon dioxide question. **Scientific American**, 238(1):34-43, 1978.

Woodwell, G.M.; Hobbie, J.E.; Houghton, R.A.; Melillo, J.M.; Moore III, B.; Peterson, B.J.; Shaver, B.J.P. Global deforestation: contribution to atmospheric carbon dioxide. **Science**, 222(4628):1081-1086, 1983.

World Resources Institute. **Forest and rangelands**. Oxford University, 1991. p.101-120.

APÊNDICE A

LEGENDA DO MAPA FITOECOLÓGICO DA FOLHA SB20 PURUS, PROJETO  
RADAMBRASIL - ESCALA 1:1.000.000

REGIOES FITOECOLOGICAS		CLASSES	FORMACOES
REGIAO DA SAVANA			
Sub-regiao de superficie pediplanada	329Saa 330Sp 331Sg	Arborea aberta Parque Gramineo Lenhosa	Arborea densa Arborea aberta Terras baixas platos Terras baixas relevo ondulado Sub-montana relevo ondulado
Sub-regiao do relevo residual do sul da Amazonia	332Saa	Arborea aberta	333Sad 334Saa 100Fab 101Fao 102Fds
REGIAO DA FLORESTA TROPICAL DENSA			
Sub-regiao aluvial	81Fdp 82Fdg 83Fdc	Aluvial, periodicamente inundada Aluvial, permanentemente inundada Aluvial, terracos	Arborea periodicamente inundadas Arborea permanentemente inundadas Arbustiva terracos
Sub-regiao de superficie dissecada dos altos Kingu Tapajos e Madeira	87Fdn 88Fds	Submontana relevo dissecado Submontana relevo ondulado	21Pep 22Pal 23Pac 24Pas 25Pau
Sub-regiao das baixas cadeias de montanhas	89Fdt 90Fdr	Submontana baixas cadeias de montanhas Submontana plato	Arbustiva, permanentemente inundadas Arbustiva, periodicamente inundadas Graminosa, periodicamente inundadas Aluvia)
Sub-regiao dos platos de Dardanelos, Aripuanã e Tapajos	91Fdu 92Fdi	Submontana relevo dissecado Submontana relevo ondulado	103Fdp 104Fdc 105Fdb 106Fap 107Fac 27PFm 307Ag
REGIAO DA FLORESTA TROPICAL ABERTA			
Sub-regiao de baixos platos	95Fab 96Faa	Terras baixas, platos Terras baixas, relevo dissecado	Arborea densa Arborea aberta Terras baixas platos Terras baixas relevo ondulado Sub-montana relevo ondulado
Sub-regiao de superficie dos altos Kingu, Tapajos e Madeira	97Far 98Fan 99Fas	Submontana, platos Submontana, relevo dissecado Submontana relevo ondulado	Contato Savana/Floresta
AREAS DAS FORMACOES PIONEIRAS			
Areas de acumulacao inundaveis	12Pap 13Pal 14Pac 15Pae 16Pau 17Pag	Arborea periodicamente inundadas Arborea permanentemente inundadas Arbustiva, terracos Arbustiva permanentemente inundadas Arbustiva periodicamente inundadas Graminosa, periodicamente inundadas	Arborea periodicamente inundadas Arborea permanentemente inundadas Arbustiva terracos Arbustiva permanentemente inundadas Arbustiva periodicamente inundadas Graminosa, periodicamente inundadas
AREAS DAS FORMACOES PIONEIRAS			
Areas de depressoes nos interfluvios tabulares	18Pap 19Pau 20Pag	Arborea periodicamente inundadas Arbustiva periodicamente inundadas Graminosa periodicamente inundadas	Arborea periodicamente inundadas Arbustiva periodicamente inundadas Graminosa periodicamente inundadas
REGIAO DA FLORESTA TROPICAL ABERTA			
Sub-regiao aluvial	93Fap 94Fac	Aluvial planicie periodicamente inundada aluvial terracos	Arborea densa Arborea aberta Terras baixas platos Terras baixas relevo ondulado Sub-montana relevo ondulado
REGIAO DA FLORESTA TROPICAL ABERTA			
Sub-regiao de baixos platos	95Fab 96Faa	Terras baixas, platos Terras baixas, relevo dissecado	Arborea densa Arborea aberta Terras baixas platos Terras baixas relevo ondulado Sub-montana relevo ondulado
Sub-regiao de superficie dos altos Kingu, Tapajos e Madeira	97Far 98Fan 99Fas	Submontana, platos Submontana, relevo dissecado Submontana relevo ondulado	Contato Savana/Floresta
AREAS DAS FORMACOES PIONEIRAS			
Areas de acumulacao inundaveis	12Pap 13Pal 14Pac 15Pae 16Pau 17Pag	Arborea periodicamente inundadas Arborea permanentemente inundadas Arbustiva, terracos Arbustiva permanentemente inundadas Arbustiva periodicamente inundadas Graminosa, periodicamente inundadas	Arborea periodicamente inundadas Arborea permanentemente inundadas Arbustiva terracos Arbustiva permanentemente inundadas Arbustiva periodicamente inundadas Graminosa, periodicamente inundadas
AREAS DAS FORMACOES PIONEIRAS			
Areas de depressoes nos interfluvios tabulares	18Pap 19Pau 20Pag	Arborea periodicamente inundadas Arbustiva periodicamente inundadas Graminosa periodicamente inundadas	Arborea periodicamente inundadas Arbustiva periodicamente inundadas Graminosa periodicamente inundadas

APÊNDICE B

ESTATÍSTICAS DOS DADOS VETORIAIS E RASTER - "TESTE t"

TABELA B.1 - COMPARAÇÃO COM O ALGORITMO DO SGI EM Km<sup>2</sup> -  
RASTER 2

ÁREA VETORIAL	ÁREA RASTER 2	DIFERENÇA	DIFERENÇA <sup>2</sup>
1.236	1.573	-0.337	0.113
0.163	0.230	-0.067	0.004
90.546	107.242	-16.696	278.752
4.329	5.856	-1.527	2.331
0.676	1.016	-0.341	0.116
51.861	55.890	-4.029	16.230
4.426	5.493	-1.067	1.139
17.612	20.739	-3.127	9.781
0.302	0.424	-0.122	0.015
2.215	3.134	-0.919	0.845
14.815	18.888	-4.073	16.590
1.285	1.597	-0.312	0.097
2.623	3.110	-0.487	0.237
25.762	29.621	-3.859	14.891
2.526	3.219	-0.693	0.480
127.889	151.298	-23.410	548.019
2.869	3.836	-0.967	0.935
6.651	8.180	-1.528	2.336
336.049	370.998	-34.949	1221.458
44.684	54.426	-9.742	94.911
19.096	23.764	-4.668	21.790
2.649	3.424	-0.775	0.600
1.253	1.694	-0.441	0.195
12.912	16.117	-3.205	10.270
17.482	22.917	-5.436	29.547
1.988	2.553	-0.565	0.320
2.093	2.662	-0.569	0.324
0.372	0.520	-0.148	0.022
84.198	96.207	-12.009	144.214
1.669	2.226	-0.558	0.311
10.603	13.467	-2.864	8.203
0.728	0.968	-0.240	0.058
4.839	5.905	-1.066	1.135
2.769	3.860	-1.091	1.190
118.122	132.713	-14.591	212.899
9.146	11.652	-2.506	6.280
3.086	4.162	-1.076	1.158
223.224	248.135	-24.911	620.552
14.312	17.835	-3.524	12.417
1.561	2.009	-0.447	0.200
0.540	0.714	-0.174	0.030
8.123	8.773	-0.650	0.422

(continua)



Tabela B.1 - Continuação

ÁREA VETORIAL	ÁREA RASTER_2	DIFERENÇA	DIFERENÇA <sup>2</sup>
3.385	3.896	-0.511	0.261
7.659	7.490	0.169	0.029
2.320	2.844	-0.523	0.274
74.193	84.845	-10.652	113.466
26.763	30.226	-3.463	11.993
26.263	30.395	-4.132	17.074
2.898	3.678	-0.781	0.610
102.075	112.421	-10.346	107.032
5.342	6.849	-1.506	2.269
6.815	9.075	-2.260	5.107
4.243	5.808	-1.565	2.450
86.425	94.937	-8.512	72.451
11.535	14.290	-2.755	7.590
5.104	5.832	-0.728	0.530
63.979	71.354	-7.375	54.387
6.087	7.659	-1.573	2.473
0.917	1.150	-0.232	0.054
33.711	38.635	-4.924	24.247
2.408	3.098	-0.690	0.476
1.857	2.662	-0.805	0.649
0.158	0.254	-0.096	0.009
MÉDIA VETORIAL	MÉDIA RASTER_2	<b>ud</b>	SUM_DIF <sup>2</sup>
27.832	31.848	-4.016	3704.848
$T_{0,025} = 2.0003$		$Sd^2 = 43.365$	
		$Sd = 6.585$	
REGIÃO CRÍTICA: $t < -2.0003$			
$t > 2.0003$			
$t \text{ observado} = -4.841$			

Onde:

SUM\_DIF<sup>2</sup> = somatório da diferença ao quadrado**ud** = diferença entre as médias vetorial e rasterSd<sup>2</sup> = variância e Sd = desvio padrão

TABELA B.2 - COMPARAÇÃO COM O ALGORITMO RASTER ADAPTADO, EM  
 $\text{Km}^2$  - RASTER XP2

ÁREA VETORIAL	ÁREA RASTER XP2	DIFERENÇA	DIFERENÇA <sup>2</sup>
1.236	1.210	0.026	0.0007
0.163	0.157	0.006	0.0000
90.546	90.544	0.002	0.0000
4.329	4.404	-0.075	0.0056
0.676	0.714	-0.038	0.0015
51.861	51.897	-0.036	0.0013
4.426	4.441	-0.014	0.0002
17.612	17.533	0.079	0.0063
0.302	0.303	-0.001	0.0000
2.215	2.178	0.037	0.0014
14.815	14.617	0.198	0.0393
1.285	1.210	0.075	0.0057
2.623	2.614	0.009	0.0001
25.762	25.688	0.074	0.0054
2.526	2.505	0.021	0.0004
127.889	127.655	0.234	0.0546
2.869	2.892	-0.023	0.0005
6.651	6.607	0.045	0.0020
336.049	335.920	0.129	0.0165
44.684	44.540	0.143	0.0206
19.096	18.743	0.354	0.1250
2.649	2.650	-0.000	0.0000
1.253	1.307	-0.054	0.0029
12.912	12.887	0.026	0.0007
17.482	17.498	-0.016	0.0003
1.988	2.009	-0.021	0.0004
2.093	2.069	0.024	0.0006
0.372	0.399	-0.027	0.0007
84.198	84.168	0.031	0.0009
1.669	1.646	0.023	0.0005
10.603	10.648	-0.045	0.0020
0.728	0.750	-0.022	0.0005
4.839	4.840	-0.001	0.0000
2.769	2.710	0.058	0.0034
118.122	115.882	2.240	5.0179
9.146	9.172	-0.025	0.0006
3.086	3.073	0.013	0.0002
223.224	223.306	-0.082	0.0067
14.312	14.326	-0.015	0.0002
1.561	1.573	-0.012	0.0001
0.540	0.532	0.007	0.0001
8.123	8.143	-0.021	0.0004

(continua)

Tabela B.2 - Continuação

ÁREA VETORIAL	ÁREA RASTER_XP2	DIFERENÇA	DIFERENÇA <sup>2</sup>
3.385	3.243	0.142	0.0203
7.659	7.575	0.084	0.0071
2.320	2.347	-0.027	0.0007
74.193	74.176	0.017	0.0003
26.763	26.753	0.010	0.0001
26.263	26.188	0.075	0.0057
2.898	2.868	0.030	0.0009
102.075	101.462	0.614	0.3767
5.342	5.348	-0.006	0.0000
6.815	6.764	0.051	0.0026
4.243	4.017	0.226	0.0509
86.425	86.527	-0.102	0.0105
11.535	11.761	-0.226	0.0511
5.104	5.143	-0.038	0.0015
63.979	63.973	0.006	0.0000
6.087	6.074	0.012	0.0002
0.917	0.871	0.046	0.0021
33.711	33.402	0.309	0.0953
2.408	2.384	0.024	0.0006
1.857	1.900	-0.043	0.0019
0.158	0.133	0.025	0.0006
MÉDIA VETORIAL	MÉDIA RASTER_2	ud	SUM_DIF <sup>2</sup>
27.832	27.760	0.072	5.955
$T_{0,025} = 2.0003$		$Sd^2 = 0.091$	
		$Sd = 0.301$	
REGIÃO CRÍTICA: $t < -2.0003$			
$t > 2.0003$			
$t \text{ observado} = 1.905$			

Onde:

SUM\_DIF<sup>2</sup> = somatório da diferença ao quadrado

ud = diferença entre as médias vetorial e raster

Sd<sup>2</sup> = variância e Sd = desvio padrão



APÊNDICE C

TABELA C.1 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS DE FISIONOMIA FLORESTAL E VEGETAÇÃO EM Km<sup>2</sup> - MÓDULO V

PI DE VEGETAÇÃO VEGV	PI DE FFST		
	FLOR PRIMA	NÃO FLOR	ÁGUA
103 Fdp	4131.65	862.61	274.69
106 Fap	759.78	33.56	42.99
12 Pap	329.78	302.96	119.69
13 Pal	22.84	0.00	0.24
21 Pap	438.32	311.45	31.99
81 Fdp	25.86	0.00	9.52
83 Fdc	7722.75	59.85	63.70
84 Fdb	15203.16	0.24	7.38
85 Fda	31243.07	154.46	122.59
93 Fap	2358.55	36.22	28.85
94 Fac	5568.52	102.96	18.49
95 Fab	1929.88	2.26	0.00
96 Faa	175.21	1.31	0.00
ÁGUA	293.85	68.02	1129.80
NCLAS	49.10	0.64	2.23
TOTAL	70252.30	1936.55	1852.16

TABELA C.2 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS DE FISIONOMIA FLORESTAL E VEGETAÇÃO EM Km<sup>2</sup> - MÓDULO X

PI DE VEGETAÇÃO VEGV	PI DE FFST		
	FLOR PRIMA	NÃO FLOR	ÁGUA
103 Fdp	3030.04	304.78	290.83
104 Fdc	10.02	4.66	0.00
105 Fdb	99.72	15.02	75.16
12 Pap	117.20	17.36	29.91
13 Pal	9.89	0.00	1.55
16 Pau	99.86	42.48	15.31
17 Pag	86.18	24.06	79.88
18 Pap	644.83	432.04	0.00
19 Pau	303.71	63.33	0.00
20 Pag	328.60	150.30	0.00
22 Pal	3258.85	616.60	119.36
26 Pag	61.61	0.00	52.45
81 Fdp	766.45	17.36	158.20
82 Fdg	202.58	0.03	23.53
83 Fdc	5819.08	9.81	205.35
84 Fdb	39044.85	277.02	69.75
85 Fda	4932.34	5.00	86.05
86 Fdo	4475.05	0.00	409.06
90 Fdr	1247.44	14.71	2.90
91 Fdu	65.70	0.00	3.64
94 Fac	1548.92	0.00	52.05
95 Fab	2644.03	7.01	12.03
ÁGUA	523.24	64.05	913.38
NCLAS	69.71	2.44	7.94
<b>TOTAL</b>	<b>69389.88</b>	<b>2068.06</b>	<b>2608.34</b>

TABELA C.3 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS DE FISIONOMIA FLORESTAL E VEGETAÇÃO EM Km<sup>2</sup> - MÓDULO Y

PI DE VEGETAÇÃO VEGY	PI DE FFST		
	NÃO FLOR	FLOR PRIMA	ÁGUA
100 Fab	19.18	394.08	0.00
101 Fao	3.39	58.83	0.00
103 Fdp	135.76	4898.29	262.02
104 Fdc	19.22	1268.54	0.00
107 Fac	17.45	82.18	0.00
12 Pap	26.76	9.97	0.00
14 Pac	20.06	62.49	0.00
16 Pau	19.87	32.05	2.89
17 Pag	61.57	30.00	7.59
18 Pap	0.00	112.85	0.00
19 Pau	0.00	73.15	0.00
23 Pac	2.64	451.03	0.00
307 Ag	1.43	11.95	1.21
329 Saa	15.95	371.09	0.00
330 Sp	818.70	465.32	0.00
331 Sg	146.40	124.83	0.00
333 Sad	16.61	1412.30	0.00
334 Saa	91.45	2798.94	0.00
81 Fdp	83.40	956.61	64.97
83 Fdc	32.87	7467.61	6.49
84 Fdb	4.70	12536.30	7.50
85 Fda	0.00	3592.70	0.00
93 Fap	57.34	1886.49	106.39
94 Fac	180.54	6337.79	40.82
95 Fab	150.75	22134.01	0.67
96 Faa	1.81	3512.40	0.00
ÁGUA	8.56	315.67	164.81
NCLAS	5.87	76.03	1.23
<b>TOTAL</b>	<b>1942.30</b>	<b>71473.50</b>	<b>666.59</b>



TABELA C.4 - RESULTADO DO CRUZAMENTO ENTRE OS PLANOS DE  
FISIONOMIA FLORESTAL E VEGETAÇÃO EM Km<sup>2</sup> - MÓDULO Z

PI DE VEGETAÇÃO VEGZ	PI DE FFST		
	NÃO FLOR	FLOR PRIMA	ÁGUA
102 Fds	3.39	62.15	0.00
103 Fdp	232.63	984.14	76.57
104 Fdc	8.57	137.68	5.95
105 Fdb	84.68	1527.37	0.00
107 Fac	142.67	227.12	39.30
12 Pap	3.28	47.84	0.79
13 Pal	21.71	45.99	0.00
14 Pac	6.72	2.25	0.00
15 Pae	11.66	10.26	7.27
16 Pau	109.71	116.47	53.61
17 Pag	129.34	30.58	35.61
18 Pap	272.47	520.14	2.73
19 Pau	149.77	769.91	0.00
20 Pag	265.88	761.50	0.00
21 Pap	192.60	623.30	14.72
24 Pae	21.92	138.28	24.66
25 Pau	1.17	0.92	0.00
26 Pag	93.49	125.01	15.80
27 Pfm	0.00	102.87	0.00
332 Saa	5.07	103.09	0.00
333 Sad	140.16	541.78	0.00
81 Fdp	20.84	228.96	28.42
83 Fdc	149.29	1885.71	258.01
84 Fdb	515.31	28059.27	137.64
85 Fda	3.97	1632.89	15.19
87 Fdn	11.12	2692.72	12.79
88 Fds	75.31	9504.44	61.64
89 Fdt	0.00	1182.43	0.00
90 Fdr	54.93	5937.30	26.10
91 Fdu	52.03	3128.38	28.07
92 Fdi	0.21	6.09	0.00
93 Fap	1.64	195.21	7.13
94 Fac	221.44	3917.21	76.08
95 Fab	15.59	1761.30	1.73
97 Far	0.00	458.95	0.00
98 Fan	0.00	571.18	0.00
99 Fas	2.61	1077.35	6.50
ÁGUA	46.02	199.46	455.63
NCLAS	14.52	215.36	71.33
TOTAL	3081.73	69532.85	1463.29