

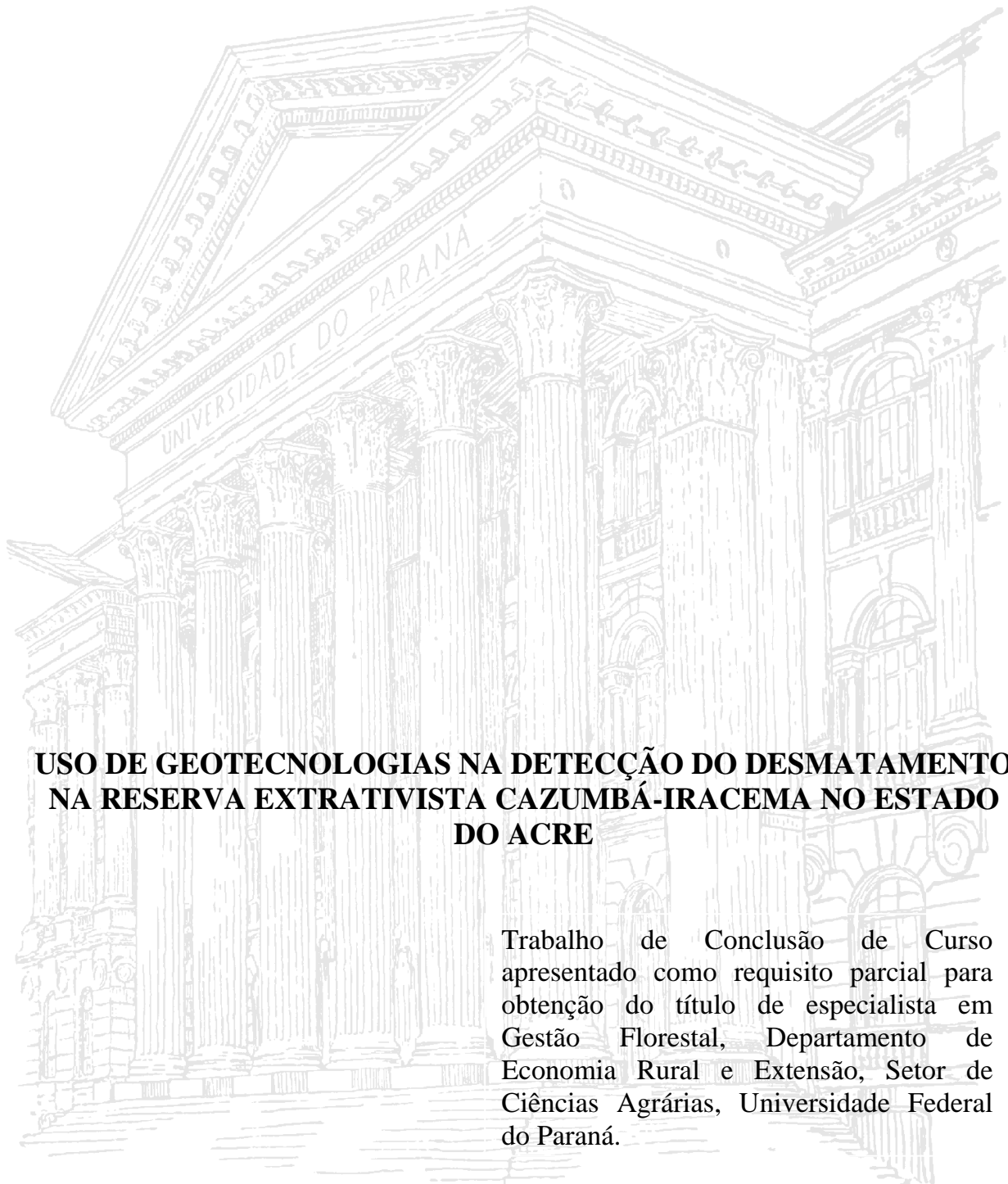
Isabele Cristine Passos Craveiro

Uso de geotecnologias na detecção do desmatamento na Reserva  
Extrativista Cazumbá-Iracema no estado do Acre

**RIO BRANCO**

**2013**

**Isabele Cristine Passos Craveiro**



**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA DETECÇÃO DO DESMATAMENTO  
NA RESERVA EXTRATIVISTA CAZUMBÁ-IRACEMA NO ESTADO  
DO ACRE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Nei Sebastião  
Braga Gomes

CURITIBA

2013

A Deus por mais esta etapa vencida e por  
todas as oportunidades a mim concedidas

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A

Deus

pelo dom da vida.

Aldecira Maria Cândido Passos

por tão digna criação e amor.

Allan Kenned Campos Pessoa

pelo apoio, amor, carinho e compreensão.

Instituto de Meio Ambiente do Acre

por todo material gentilmente cedido para integrar a composição desta pesquisa.

Universidade Federal do Acre

pela oportunidade de participação no Programa de Residência Florestal.

Nei Sebastião Braga Gomes

por todos os ensinamentos que conduziram a elaboração deste trabalho.

Dermeson de Sousa Lima

pela generosa contribuição de orientações durante a elaboração deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 GEOTECNOLOGIAS.....	13
2.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	13
2.2.1 Aplicações.....	14
2.2.2 Estrutura básica e componentes do SIG.....	15
2.3 SENSORIAMENTO REMOTO.....	16
2.3.1 Resolução de Imagens de Sensoriamento Remoto.....	17
2.3.2 Sistemas Sensores .....	18
2.3.2.1 Características do sensor LANDSAT 5.....	19
2.4 CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS.....	20
2.4.1 Classificação supervisionada.....	20
2.4.2 Classificação não supervisionada.....	21
2.4.3 Classificação visual em tela.....	21
2.5 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	22
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>25</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....	25
3.2 CLIMA.....	26
3.3 SOLOS.....	27

3.4 RIOS.....	27
3.5 VEGETAÇÃO.....	28
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
4.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	29
4.1.1 Identificação e quantificação do desmatamento.....	30
4.1.2 Análise comparativa de interpretação visual.....	36
4.2 METODOLOGIA DESENVOLVIDA POR SOUZA et al. 2006.....	37
4.2.1 Pré-Processamento.....	37
4.2.2 Mapeamento do Desmatamento.....	38
4.2.3 Estimativa da área desmatada e a taxa de desmatamento.....	43
4.2.4 Desmatamento em Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Assentamentos.....	44
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
5.1 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO DESMATAMENTO.....	45
5.2 INCREMENTO DO DESMATAMENTO.....	46
5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DE INTERPRETAÇÃO VISUAL.....	50
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Desmatamentos (em ha) na RESEX por ano (1998 a 2007).....	45
GRÁFICO 2	Incremento do desmatamento (em ha) na RESEX por ano (1998 a 2007) .....	47
GRÁFICO 3	Incremento de desmatamento (em ha) na RESEX para os dois períodos analisados .....	47

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Imagens Landsat utilizadas na detecção do desmatamento na Reserva Extrativista Cazumbá Iracema no período de 1998 a 2007.....	30
QUADRO 2	Áreas desmatadas e incremento do desmatamento nos anos analisados (1998 a 2007).....	46

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Representação dos componentes espaciais vetorial e matricial ou raster, respectivamente.....	15
FIGURA 2 - Associação das camadas ou níveis de informação (layers) no SIG dos componentes espaciais.....	16
FIGURA 3 - Mapa da RESEX.....	26
FIGURA 4 - Exemplo da tabela de atributos gerada a partir do shape do Desmatamento no estado do Acre (programa <i>ArcGis</i> 9.3).....	32
FIGURA 5 - Simbologia aplicada ao shape de desmatamento com cores correspondentes a cada ano em que ocorreu a alteração.....	33
FIGURA 6 - Utilização da ferramenta Intersect para obtenção do desmatamento somente dentro da RESEX.....	34
FIGURA 7 Cálculo das alterações ocorridas na área por ano através da ferramenta Calcule Tool.....	35
FIGURA 8 - Síntese da metodologia utilizada no mapeamento do desmatamento do Estado do Acre.....	37
FIGURA 9 - Exemplo de uma subárea de imagem contaminada por fumaça corrigida com o algoritmo desenvolvido por Carlloto (1999).....	38
FIGURA 10 - Distribuição anual de todas as órbitas/ponto entre IMAZON e IMAC.....	39
FIGURA 11 - Aplicação do filtro espacial para correção de ruído de escala (Menor Unidade Mapeável) na classificação. ....	40
FIGURA 12 - Interface do Classedit onde foram feitas as interpretações visuais.....	41

FIGURA 13 - Exemplo de detecção e mapeamento de incremento de desmatamento.....	42
FIGURA 14 - Transição não permitida, em 2000. O filtro temporal detecta que está transição não é permitida e corrige o problema automaticamente.....	43
FIGURA 15 - Concentração da evolução do desmatamento nas margens do Rio Caeté e seus afluentes, na parte A da RESEX.....	46
FIGURA 16 - Concentração da evolução do desmatamento nas margens do Rio Macauã e seus afluentes, na parte B da RESEX.....	49
FIGURA 17 – Análise comparativa de interpretação visual em tela dos anos de 1998 e 1999 na parte A da Reserva.....	50
FIGURA 18 - Análise comparativa de interpretação visual em tela dos anos de 1998 e 1999 na parte B da Reserva.....	51

## RESUMO

Unidades de Conservação são criadas para proteger a biodiversidade de áreas que apresentem notoriedade ambiental e/ou importância histórico-cultural social. A gestão destes territórios necessita de mecanismos capazes de investigar os efeitos das ações humanas podendo utilizar, para isto, as geotecnologias que dispõem de ferramentas e técnicas capazes de fornecer informações de possíveis alterações que venham a ocorrer, facilitando, assim, o monitoramento e fiscalização. Neste contexto, este estudo propôs-se a aplicar uma geotecnologia no processo de detecção do desmatamento da Reserva Extrativista Cazumbá-Iracema, num período de 10 anos (5 anos antes e após a criação da Reserva), localizada nos municípios de Sena Madureira e Manoel Urbano, com área de 750.794,70 ha. Para isto, foram cruzados no software *Arcgis 9.3* dados georreferenciados em formato *shapefile* (.shp) dos limites municipais do Estado do Acre, a base de Unidades de Conservação (ZEE) e polígonos de desmatamento originados pelo IMAC em cooperação com o IMAZON, utilizando como subsídio as imagens do satélite de mais contínuo imageamento e disponibilidade de imagens, o Landsat5. Como resultado identificou-se períodos de acentuado desmatamento, principalmente após o processo de criação da Reserva, mostrando também, que, os anos de 1999, 2003 e 2007 responderam pelos anos de maior percentual de desmatamento com 15,29%, 16,87% e 22,39% do total da área desmatada. Por outro lado os anos de 2002, 2005 e 2006 corresponderam aos anos de maior incremento de áreas desmatadas em todo o período observado com 520,98 ha, 577,44 ha e 263,83 ha, respectivamente. O registro de valores negativos na análise do incremento sugeriu erros no processo de classificação automática que devem ser revistos. Estes resultados, porém, demonstraram coerência quando comparados à análise visual e de estudos semelhantes, permitindo concluir que, a geotecnologia aplicada mostrou-se adequada para estudos de detecção de desmatamento na área, pois permitiu que no intervalo de tempo considerado se realizasse uma investigação minuciosa da supressão da vegetação existente na Reserva.

## ABSTRACT

Conservation units are designed to protect the biodiversity of areas that present notoriety environmental and / or social historic cultural importance. The management of these territories needs mechanisms to investigate the effects of human actions, using, for this, geotechnologies that offer tools and techniques to provide information of possible changes that may occur, making it ease the monitoring and inspection. In this context, this study is intended to apply and analyze the efficiency of geotechnologies in the management process of the Extractive Reserve Cazumbá-Iracema, in a period of 10 years (5 years before and after the creation of the reserve), located in the municipalities of SenaMadureira and ManoelUrbano, with an area of 750,794,70 ha. For the detection of the evolution of deforestation were crossed in Arcgis 9.3 software georeferenced data in shapefile format (.shp) of the municipal borders of the state of Acre, the base of conservation units (ZEE) and deforestation polygons originated by IMAC in cooperation with the IMAZON, using as subsidy the images 002\_066, 002\_067, 003\_066 and 003\_067 from Landsat 5 satellite. As a result it was identified periods of severe deforestation, especially after the process of creating of the reserve, also showing that the years 1999, 2003 and 2007 accounted for the highest percentage of years of deforestation with 15.29%, 16.87% and 22.39% of the total area deforested. On the other hand the years of 2002, 2005 and 2006 consisted of the years of greatest growth of deforested areas in the whole observed period with 520.98 ha, 577.44 ha and 263.83 ha, respectively. The register of negative values in the increment analysis suggested errors in the automatic classification process that should be revised. These results, however, showed consistency when compared to visual analysis and similar studies, allowing to end that the geotechnology applied was appropriate for studies of detection of deforestation in the area, for it allowed that in the considered time interval it was performed a thorough investigation of the removing of existing vegetation in the Reserve.

## 1. INTRODUÇÃO

A criação e a implantação de áreas protegidas, fundamentadas no princípio de desenvolvimento sustentável, é uma necessidade urgente diante da intensidade crescente das atividades humanas, que ocasionam em grandes perdas da cobertura florestal. Como forma de melhor gerir estes territórios, faz-se de suma importância o desenvolvimento de ferramentas que possam contribuir na identificação das alterações ocorridas nestas áreas, contribuindo para que os objetivos de criação sejam atingidos, melhorando o processo de gestão.

A questão ambiental consiste numa temática bastante discutida e trabalhada no mundo atual. A este grande interesse se relacionam os “avanços” vistos em nossa sociedade. Estes avanços também chamados de desenvolvimento econômico trazem consigo, além do progresso, inúmeras conseqüências, principalmente para o meio ambiente. Como exemplo, pode-se citar imensuráveis quilômetros de cobertura florestal devastados em áreas de grande relevância ambiental e social, de fundamental importância por abrigar espécimes da fauna e da flora de grande significância para os biomas e por se constituir em meio de sobrevivência de populações tradicionais residentes no interior dos maciços florestais.

Esta exaustão das reservas naturais e seu impacto sobre os ecossistemas diante deste “avanço” vêm firmando a consciência da necessidade da realização de ações que levem, efetivamente, ao resgate de um meio ambiente saudável. (AZEVEDO, 2010).

Neste contexto, o modelo de desenvolvimento sustentável pode se sobressair como uma ação “de resgate” e de gestão ao meio ambiente, uma vez que permite o desenvolvimento econômico aliado a proteção e preservação da biodiversidade, possibilitando a manutenção e o equilíbrio ecológico além de garantir qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

Mas como gerir um território com as dimensões de nosso país? Richter (2004) sugere e considera que é de extrema importância que sejam criadas áreas destinadas à preservação dos recursos naturais fazendo-se destas uma opção diante do acelerado processo de desmatamento em paralelo ao crescimento econômico para a preservação ambiental.

Frente ao processo de criação destas áreas faz-se imprescindível a criação de mecanismos que possam gerir e auxiliar no processo da tomada de decisões para garantir uma gestão sustentável. Nesta perspectiva, surgem diversas ferramentas, entre elas, o plano de manejo como um dos principais instrumentos desta gestão para as áreas que visam ao uso racional dos recursos naturais. Mas para que os objetivos de criação destas áreas sejam

atingidos, é imprescindível que o manejo seja baseado em um planejamento participativo, dinâmico e periodicamente atualizado. (RICHTER, 2004).

Em contrapartida, não se pode pensar em gestão sustentável das Unidades de Conservação, sem pensar em estratégias de combate aos desmatamentos na Amazônia que vêm apresentando índices elevados nos últimos anos. Por isso deve-se lançar mão de ferramentas e técnicas que tenham aplicabilidade prática de forma a permitir que os gestores estejam constantemente informados das possíveis alterações que possam vir a ocorrer nestas áreas.

Neste sentido as geotecnologias têm se mostrado como uma ferramenta bastante eficaz no estudo e o monitoramento dos fenômenos naturais e dinâmicos do meio ambiente, como o desmatamento, além de permitirem a quantificação das áreas de cobertura florestal, uso e ocupação do solo. (VIEIRA, 2007).

Assim dentre as ferramentas disponibilizadas pelas geotecnologias pode-se utilizar o Sistema de Informação Geográfica – SIG, o Sensoriamento Remoto, que podem constituir-se grandes aliados no processo de gestão de Unidades de Conservação, pois, fornecem informações imprescindíveis a análise e diagnóstico das alterações ocorridas na área em um determinado intervalo de tempo.

Desta forma, estas metodologias são de fundamental importância para o monitoramento da cobertura vegetal das Unidades de Conservação, além de gerar conhecimentos técnicos e científicos, permitir que o processo de fiscalização se torne mais eficiente e menos custoso e também auxiliar no planejamento da restauração ou recuperação dos usos adequados.

Nesta perspectiva este trabalho tem por objetivo detectar a evolução do desmatamento na Reserva Extrativista Cazumbá-Iracema no Município de Sena Madureira no Estado do Acre utilizando como ferramenta a metodologia desenvolvida no Estado do Acre, por Souza *et al* (2006), baseada na geotecnologia de Sensoriamento Remoto utilizando o método de classificação não-supervisionada *ISODATA*, no processo de avaliação e quantificação temporô-espacial da cobertura vegetal.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 GEOTECNOLOGIAS

Também conhecidas como "geoprocessamento", as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões (ROSA, 2003).

As geotecnologias utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e atualmente um instrumento importante para análise de Recursos Naturais, Energia, Manejo Florestal, entre outros (BERNINI; OLIVEIRA& MORET, 2007).

Dentre as geotecnologias estão o SIG - Sistemas de Informação Geográfica, Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto por Satélites, GPS - Sistema de Posicionamento Global, Aerofotogrametria, Geodésia e Topografia Clássica, dentre outros (FatorGIS, 2007).

Assim, o uso das Geotecnologias permite, em curto intervalo de tempo, a obtenção de uma grande quantidade de informações atualizadas, facilitando o planejamento e gestão do território, pois permite levantar novas hipóteses de impactos ambientais futuros e inferir mecanismos que auxiliem na desaceleração do desmatamento e medidas mitigadoras. (FITZ, 2008; FLORENZANO, 2005).

### 2.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Os primeiros Sistemas de Informações Geográficas surgiram na década de 1960, no Canadá, como parte de um esforço governamental para criar um inventário de recursos naturais, mas foi ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, sendo que o produto mais importante foi a topologia aplicada permitindo análises espaciais entre elementos cartográficos (FERREIRA, 2006).

Ainda de acordo com o mesmo autor, o grande impulsionamento, no entanto, se deu no final da década de 90 e início do século XXI, aonde os SIG começaram a incorporar as funções de processamento de imagens digitais e tornaram-se corporativos e orientados à

sociedade, com a utilização da Internet, de bancos de dados geográficos distribuídos com os esforços realizados em relação a interoperabilidade dos sistemas.

De acordo com Burrough e McDonnell, (1998), um SIG pode ser definido como um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, restaurar, transformar e mostrar dados espaciais de um mundo real para um propósito particular.

O desenvolvimento da informática permitiu que duas grandes linhas de trabalho começassem a ser desenvolvidas e que, em conjunto, fundamentassem os Sistemas de Informações Geográficas (SIG): Cartografia Digital (concebidos com o propósito de desenhar objetos, especialmente mapas) e Gerenciamento de Bancos de Dados (armazenamento e recuperação de dados tabulares (não-gráficos), com foco no processamento de informações numéricas (p.ex.: percentual de desmatamento) e textuais (p.ex.: tipo de vegetação), armazenando também gráficos, sons e imagens). (NASCIMENTO, 2009).

Assim os SIG passaram a ser utilizados como ferramenta para geração e visualização de dados espaciais na forma de produção de mapas, dando suporte para análise espacial de fenômenos através de combinação de informações espaciais e como um banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial. (BERNINI; OLIVEIRA & MORET, 2007).

Por possuir e integrar todos estes atributos, os SIG representam uma revolução no conhecimento e delimitação do espaço geográfico, pois permite armazenamento, compartilhamento, atualização, divulgação e gerenciamento de dados que descrevem o meio ambiente e os recursos naturais, constituindo-se em uma ferramenta de grande importância para o gerenciamento de recursos naturais e sociais.

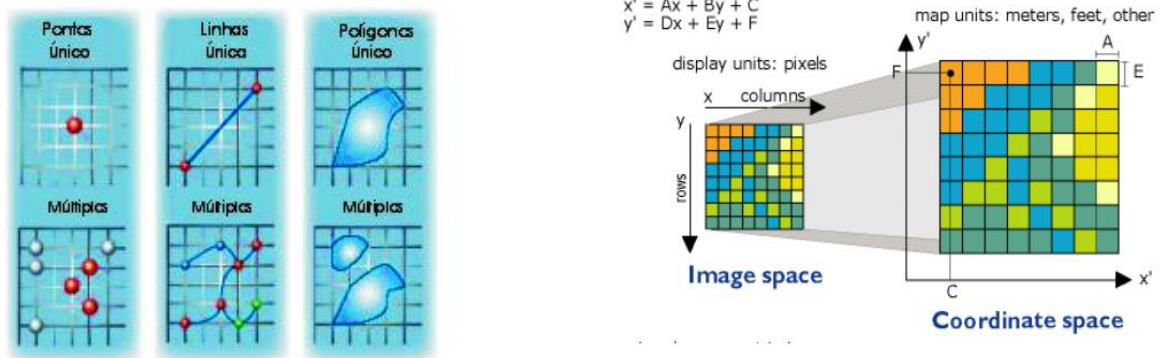
### 2.2.1 Aplicações

Câmara & Medeiros (1998) consideram que devido à aplicação de um SIG em várias áreas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), podem-se utilizá-lo de, pelo menos, três grandes maneiras:

- A) Ferramenta para produção de mapas.
- B) Suporte para análise espacial de fenômenos.
- C) Banco de Dados Geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação geográfica.

### 2.2.2 Estrutura básica e componentes do SIG

De acordo com Aronoff (1995) um SIG possui componentes espaciais das informações geográficas que podem ser representados de duas formas, a matriz (raster) e a vetorial. Na vetorial, os objetos ou condições do mundo real são representados por pontos, linhas e polígonos, que definem suas fronteiras e no formato matricial, o espaço é regularmente dividido em células e a localização dos objetos ou condições geográficos é definida pela posição de linha e coluna das células que ocupam, tendo o seu posicionamento relativo a um sistema de coordenadas de referência (Figura 1). Num SIG a informação geográfica é organizada em camadas ou níveis de MODELOS DE DADOS ESPACIAIS camadas ou níveis de informação (layers), consistindo cada uma num conjunto selecionado de objetos associados e respectivos atributos (Figura 2).



**Figura 1.** Representação dos componentes espaciais vetorial e matricial ou raster, respectivamente



**Figura 2.** Associação das camadas ou níveis de informação (layers) no SIG dos componentes espaciais

O SIG pode ser utilizado como uma ação de monitoramento importante à análise da dinâmica de desmatamento, que permite acompanhar por geoprocessamento, as alterações nos polígonos de áreas desmatadas, além de, proporcionar a integração efetiva entre dados gerados de licenciamentos ambientais e fiscalizações, possibilitando o acompanhamento de processos licenciados e de autos de infrações. Este acompanhamento permite localizar ilegalidades como desmatamento e queimadas em Áreas de Reserva Legal, Preservação Permanente e Unidades de Conservação. (LEITE, 2002).

### 2.3 SENSORIAMENTO REMOTO

De acordo com Moreira (2003), sensoriamento remoto é o conjunto de técnicas que permite obter informações da superfície da terra. Assim, os sensores remotos, instalados a bordo de satélites artificiais colocados em órbita da Terra, aeronaves ou mesmo em equipamentos de campo, são capazes de captar dados da superfície terrestre à distância.

Para Rosa (2003) o sensoriamento remoto envolve basicamente duas fases: a fase de aquisição de dados e a fase de utilização. Na fase de aquisição são fornecidas as informações referentes à radiação eletromagnética, aos sistemas sensores, ao comportamento espectral dos alvos, à atmosfera, etc... Na fase de utilização são mencionadas as diferentes possibilidades de

aplicação destes dados nas várias áreas do saber permitem a obtenção de informações de caráter geológico, geomorfológico, pedológico, hidrológico, agrícola, florestal e de qualidade ambiental.

Seu sistema de aquisição de dados, definido como sistema sensor, constitui-se de qualquer equipamento capaz de transformar a radiação eletromagnética refletida pelos alvos da superfície terrestre em um sinal passível de ser convertido em informações sobre o meio ambiente (NOVO, 1989). Dentre a grande variedade de equipamentos que apresentam essa capacidade, podem ser destacados os sensores imageadores, os quais fornecem como produto uma imagem da cena observada.

Estes sensores possuem ferramentas que possibilitam avaliar a dinâmica do espaço, pois dispõe de técnicas de aquisição e processamento de imagens, com facilidades para obtenção de dados sobre qualquer lugar do globo terrestre, seja através de sensores orbitais (satélites) ou sensores fotográficos (aerotransportados) (INPE 2007).

### 2.3.1 Resolução das Imagens de Sensoriamento Remoto

Para Sulsoft (2003) as imagens captadas por sensores remotos podem ter diversos tipos de resolução. Esta resolução é a medida da habilidade que um sistema sensor possui para discriminar respostas próximas espacialmente ou semelhantes espectralmente. De acordo com Dalla Corte (2012) o termo resolução desdobra-se em três categorias independentes a saber: resolução espacial, espectral e radiométrica.

**Resolução espacial:** A resolução espacial é a mínima dimensão linear da menor unidade de um espaço geográfico nos quais os dados são registrados. A menor unidade usada é retangular sendo que esta unidade pequena é conhecida como célula ou pixel. Em geral, a resolução espacial de um detector é expressa em termos do seu campo instantâneo de visada ou IFOV (“instantaneous fiel of view”). O IFOV representa o tamanho do pixel.

**Resolução temporal:** A resolução temporal é definida pelo período de re-visita de um sensor de satélite por uma mesma área do terreno. Desta forma, a resolução temporal absoluta de um sistema de sensoriamento remoto é igual ao período entre a primeira e a segunda passagem do sensor sobre uma área com o mesmo ângulo.

**Resolução espectral:** A resolução espectral é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela amplitude do intervalo de comprimento de onda de cada banda. Quanto melhor a resolução espectral, mais estreita será o intervalo de comprimento de onda para um canal, banda ou faixa.

**Resolução radiométrica:** A resolução radiométrica é dada pelo número de valores digitais representado pelos níveis de cinza, ou seja, a quantidade máxima de níveis de cinza que podem ser utilizados para representar uma imagem. Quanto maior o número de valores, maior é a resolução radiométrica.

### 2.3.2 Sistemas Sensores

Os sensores têm por finalidade captar a radiação eletromagnética (REM) proveniente da superfície terrestre, e transformar a energia conduzida pela onda, em pulso eletrônico ou valor digital proporcional à intensidade desta energia. Eles são considerados as máquinas fotográficas dos satélites.

Conforme descreveu Dalla Corte (2012) existem diferentes possibilidades de classificação dos sensores remotos e de acordo com a fonte da onda eletromagnética os sensores podem ser classificados em:

A) Sensores Passivos: Não possuem fonte própria de radiação, detectando apenas a radiação solar refletida, emitida ou transmitida pelos objetos da superfície. Assim, dependem de uma fonte de energia externa para que possam operar. A luz solar é a principal fonte de radiação dos sensores passivos. São exemplos destes sensores os satélites de imageamento e as câmeras aerofotogramétricas.

B) Sensores Ativos: Estes sistemas produzem sua própria radiação eletromagnética, emitindo-a e depois registrando a resposta que retorna após interação com o alvo. São exemplos desses sensores: radar e laser. Ainda, podemos classificá-los de acordo com seu princípio de funcionamento em **não imageadores** (não formadores de imagens, ou seja, não geram imagens da superfície sensoriada, mas sim, gráficos ou dígitos) e

**imageadores** (formadores de imagens, ou seja, formam imagem da superfície observada como resultado).

Existem hoje diversos sensores disponíveis no mercado para serem aplicados em análises ambientais. Os principais sensores atualmente são: CBERS 2 e 2B, LANDSAT 5-TM, SPOT 5, IKONOS II, Quicbird e Alos. Abaixo será descrita as principais características do sensor Landsat 5 – TM. Ele será levado como foco, pois foi o único sensor utilizado como ferramenta para a obtenção de imagens utilizadas nesta pesquisa.

#### 2.3.3.1. Características do sensor LANDSAT 5

A série LANDSAT foi iniciada no final da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. O primeiro satélite da série lançado pela NASA começou a operar em 1972 com o intuito do imageamento das características ambientais da superfície terrestre. Em cada nova plataforma foram colocadas as tecnologias mais recentes desenvolvidas para a época, visando cada vez mais a melhor na geração de dados por esse satélite. (RIBEIRO; BAPTISTA & BIAS, 2007).

Ainda de acordo com estes autores, o sistema LANDSAT é o mais longo programa a coletar imagens de forma contínua da superfície terrestre a partir de uma plataforma orbital e compõe-se, até o momento, de uma série de sete (7) satélites.

A última atualização da série ocorreu em abril de 1999 com o lançamento do LANDSAT 7 composto pelo sensor de varredura mecânica ETM+ que encerrou suas atividades em 2003, por apresentar problemas de calibragem nos seus sensores, que acabam por disponibilizar imagens de baixa qualidade (NASCIMENTO, 2009).

A interpretação de imagens LANDSAT tem como principais aplicações: o acompanhamento do uso agrícola das terras; o monitoramento de unidades de conservação, terras indígenas, áreas desmatadas, e de atividades produtivas como as energético mineradoras; a cartografia e atualização de mapas; a identificação da dinâmica e crescimento da urbanização; a estimativa de fitomassa a partir da caracterização da cobertura vegetal; a

identificação de focos de queimadas, secas, inundações; e nos estudos de sedimentação nos rios e estuários (BATISTELA, 2004; NASA, 2007).

## 2.4 CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS

Em sensoriamento remoto, classificação significa a associação de pontos de uma imagem a uma classe ou grupo, por exemplo, água, cultura, área urbana, reflorestamento, cerrado, etc. ou, ainda, o processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características comuns (DALLA CORTE, 2012).

Ainda de acordo com o mesmo autor, ao se classificar uma imagem, assume-se que objetos/alvos diferentes apresentam propriedades espectrais diferentes e que cada ponto pertence a uma única classe. Além disso, os pontos representativos de certa classe devem possuir padrões próximos de tonalidade e textura. A classificação pode ser dividida em supervisionada, não-supervisionada e visual com vetorização em tela.

### 2.4.1 Classificação supervisionada

A classificação supervisionada depende de amostras de treinamento que sejam representativas das classes presentes na imagem. Assim, o algoritmo classifica os pixels para cada classe. As amostras de treinamento devem ser em número representativo e uniforme. (SILVA, et al 2007).

Nesta classificação conhecendo-se o número de classes presente na imagem conhecido, define-se um conjunto de amostras como pertencentes a cada uma das classes (amostras de treinamento), extrai-se algum tipo de informação destas amostras para cada classe (etapa de aprendizado ou treinamento), a partir da qual se constroem critérios que permitirão agrupar os pixel ou regiões com características similares (classificação propriamente dita).

Os principais algoritmos de classificação supervisionada disponíveis são o *single-cell* e o *maxver*.

#### 2.4.2 Classificação não-supervisionada

Na classificação não supervisionada é desconhecido o número de classes existente na imagem. Desta forma, procura-se verificar a existência de grupos naturais de pixel ou regiões, de modo que elementos de um mesmo conjunto (classe) tenham características semelhantes, ao mesmo tempo em que elementos de conjuntos diferentes possuam as características mais distintas possíveis.

É utilizada quando não se tem informações sobre a área imageada, por exemplo, não se dispõe de dados prévios sobre o número de classes presentes. As classes são definidas no algoritmo de classificação. O algoritmo mais utilizado neste tipo de classificação é o *ISODATA*.

#### 2.4.3 Classificação visual em tela

A classificação visual de imagens, segundo Moreira (2003), é o processo de extração de informações a respeito dos alvos da superfície terrestre, com base em suas respostas espectrais, aliado a outros elementos da fotointerpretação, tais como: forma, textura, tonalidade/cor, sombra, etc. Até o final da década de 90, a classificação visual era realizada em produtos analógicos, ou seja, imagens em papel fotográfico. Atualmente, com o avanço no desenvolvimento de "softwares" para tratamento de imagens, é possível realizar uma interpretação, no computador, muito parecida com a interpretação visual feita em produtos fotográficos.

Esta técnica consiste na classificação das diferentes feições presentes em uma imagem de satélite, por meio de técnicas qualitativas ou visuais de interpretação, pode variar em função de parâmetros como: experiência do fotointérprete e condições de trabalho (NOVO 2008).

O desempenho da classificação depende da capacidade de reconhecer as feições e da experiência do interprete com a área de estudo. Porém, qualquer tipo de classificação esta sujeita a erros. Uma vez que o método simplifica a complexidade da imagem, muitas vezes as classes predefinidas são incompletas e apenas as características espectrais são consideradas, deixando de lado as texturas (SILVA, et al 2007).

Em suma, o principal objetivo da operação de classificação é gerar mapas temáticos além de agilizar a análise que, sem estes algoritmos, se faria visualmente. Deste modo, por meios refinados ou grosseiros, reúnem-se *pixels* com aspectos semelhantes em classes.

## 2.5 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UC)

A criação das reservas extrativistas ao longo dos anos 80 foi uma importante conquista de nosso país. O movimento seringalista que reivindicava pelas terras de extrativismo, somadas as ações de implantação da política de reforma agrária no país, do fortalecimento do movimento ambientalista e da revisão das políticas públicas aplicadas à Amazônia, foram de suma importância para a consolidação dos primeiros passos para definir estas áreas especialmente protegidas.

No início desta mesma década foi estabelecida a Política Nacional do Meio Ambiente, que definiu a criação de espaços territoriais para conservação da biodiversidade, dos monumentos naturais, da memória histórico-cultural do país e para garantir que se conserve, restaure, recupere e o mais importante: que se utilize o ambiente natural de maneira sustentável.

Duas décadas mais tarde, instituiu-se o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, que reuniu, padronizou, categorizou e conceituou as diversas categorias de UCs colocando-as em dois grupos distintos que se diferem pelo grau de restrição imposto à intervenção humana, acesso e uso dos recursos naturais (AMARAL et al. 2006).

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC – Lei nº 9.985/2000), as Unidades de Conservação são áreas instituídas e geridas pelo poder público federal, estadual ou municipal (BRASIL, 2000).

São definidas como “espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

Assim, as Unidades de Conservação (UCs) foram classificadas em dois grupos: de Proteção Integral e de Uso Sustentável. No entanto, cada grupo deste possui subclassificação em diversas categorias, de acordo com o grau e o tipo de restrição de uso. Os dois grandes grupos foram definidos em:

A) Unidades de Proteção Integral - não admitem moradores em seu interior, com exceção dos Monumentos Naturais e Refúgios da Vida Silvestre e os recursos naturais só podem ser usados indiretamente, através dos serviços ambientais, observação, pesquisa científica, atividades de educação ambiental (desde que haja prévia autorização do órgão responsável), sendo seu ambiente mantido livre da ação humana. Pertencem a este grupo: Estação Ecológica (Esec), Reserva Biológica (Rebio), Parque Nacional (Parna), Monumento Natural (Monat) e Refúgio de Vida Silvestre (RVS).

B) Unidades de Uso Sustentável – permite-se o uso direto dos recursos naturais e a alocação de população residente em seu interior, desde que isso ocorra de forma racional e sustentável. Segundo Brasil (2000), “De maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável”.

São permitidos o turismo, a educação ambiental e a extração de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, com base no manejo sustentável e de acordo com o plano de manejo da unidade. Pertencem a esse grupo: Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Floresta Nacional/Estadual (Flona/Flota), Reserva Extrativista (Resex), Reserva da Fauna (RF), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Atualmente, a legislação brasileira estabelece dois instrumentos legais que fazem parte do planejamento das áreas protegidas: o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) e o Plano de Manejo. No entanto, a elaboração destes instrumentos de gestão requerem elevado recurso financeiro e negociação com as comunidades inseridas nas áreas de conservação, ou com a comunidade do entorno, que explora seus recursos naturais. (MIRANDA, 2006)

O Plano de Manejo é um documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma UC, é estabelecido o seu zoneamento e as normas que devem orientar o manejo dos recursos naturais e o uso da área, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da Unidade (VERÍSSIMO et al, 2011).

No Brasil, apenas duas categorias de manejo de unidades de conservação, que permitem a ocupação humana foram criadas: as Áreas de Proteção Ambiental (APA's) e as Reservas Extrativistas (Resex's). Na Amazônia a criação das Reservas Extrativistas (Resex's) é fruto da luta dos seringueiros por sua sobrevivência na floresta, contra a expansão dos fazendeiros de gado e os projetos de colonização do Incra. Essa categoria originou-se das reivindicações dos movimentos sociais, como por exemplo, os seringueiros na Amazônia. As

Resex's constituíam uma nova categoria de manejo (BECKER, 2004; BRITO, 2003; LEITE, 2002; DIEGUES, 1994).

Com relação às reservas extrativistas o Governo Federal as institucionalizou no âmbito da política nacional do meio ambiente, através da Lei n. 7.804, de 18 de julho de 1989 e do Decreto n. 98.897, de 30 de janeiro de 1990. Segundo esta legislação, a instituição responsável pelas reservas é o IBAMA. Mediante Portaria n. 22 – N, de 10 de fevereiro de 1992 do IBAMA (IBAMA, 2002).

No entanto, é importante ressaltar que, após sua criação, as UCs entram numa etapa de implementação, em que se faz necessário aprimorar a obtenção, análise e disseminação dos conhecimentos a seu respeito. Além de um diagnóstico sobre seus aspectos históricos, ambientais, sociais e econômicos, procura-se identificar os processos aos quais a Unidade está submetida, analisando-se seu ambiente interno e externo e identificando-se as pressões, ameaças e oportunidades a ela relacionadas. Essas informações e análises são integradas para subsidiar decisões de gestão da Unidade e o planejamento de programas e ações voltados para sua implementação (AMARAL *et al.*, 2006).

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

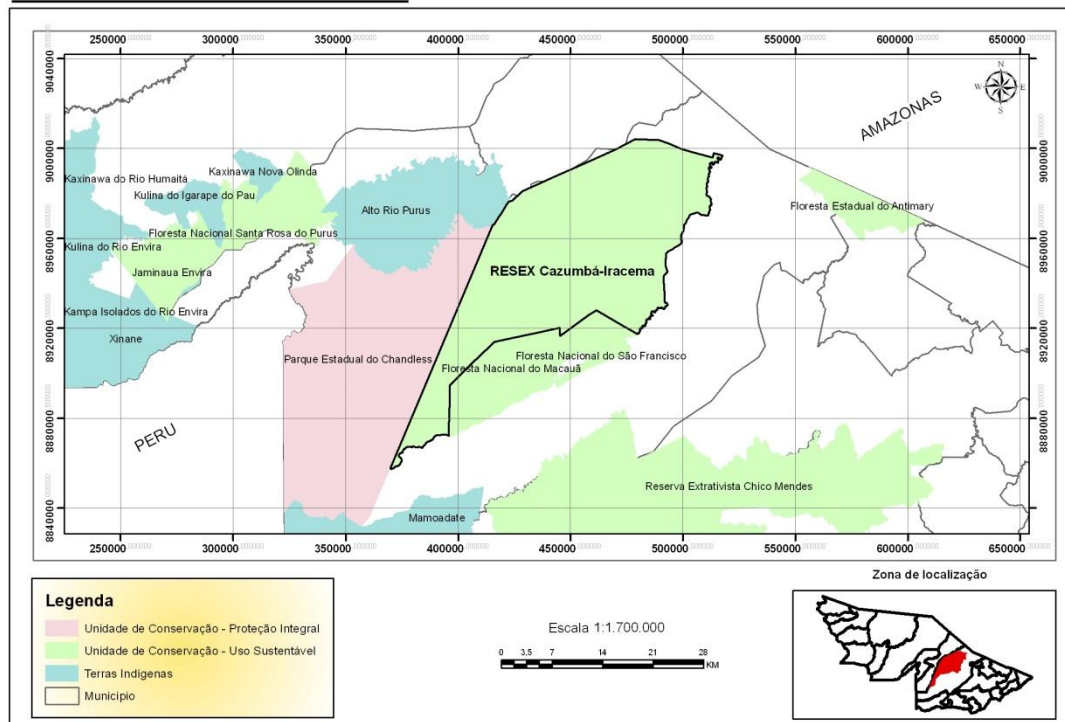
Esta área foi tomada como base neste estudo principalmente por ser uma das mais importantes zonas de extrativismo do estado do Acre e por ter sido criada para atender as necessidades de proteção de uma área de relevante importância ambiental e social para a comunidade que a habitava, então, as margens do Rio Caeté.

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A Reserva situa-se no estado do Acre, Amazônia Ocidental, nos municípios de Sena Madureira (94%) e Manuel Urbano (6%). Pertencente a micro bacia do rio Caeté e parte do rio Macauã, tributários do rio Iaco, afluente do rio Purus, abrange uma área de **750.794,70 ha** e perímetro de **589,05 km** e situa-se entre as coordenadas 09°01' – 10°12'S e 68° 50' – 70° 11'W. Esta área integra o Corredor Oeste da Amazônia, um dos sete grandes corredores ecológicos propostos para o Brasil (Figura 3).

A cidade mais próxima da Reserva é Sena Madureira, acessada a partir de Rio Branco, pela BR-364, por 150 km pavimentados. O acesso à Reserva, a partir de Sena, dá-se pelos rios Caeté e Macauã e, já em seu interior, há diversos igarapés que acessam moradias mais dispersas, como o Santo Antônio, Canamari e Maloca, no rio Caeté e igarapé Riozinho, no rio Macauã. No verão amazônico, os rios e igarapés têm sua navegabilidade muito reduzida ou interrompida e as principais vias de acesso nessa época são o Ramal do 16, com 30 km, que liga Sena Madureira até o núcleo do Cazumbá e o ramal do Narcélio, com 126 km de extensão, chegando até o seringal Cachoeira. Esses ramais atendem apenas parte das famílias da Reserva.

### Reserva Extrativista Cazumbá-Iracema



**Figura 3.** Mapa da RESEX

**Fonte:** Instituto de Meio Ambiente do Acre, 2012.

Abaixo são descritas as principais características ambientais da Reserva, de acordo com Amaral et al. (2006).

### 3.2 CLIMA

O clima é do tipo tropical chuvoso (tipo Am, segundo classificação de Köppen), com chuvas abundantes, com volume anual em torno de volume de 2.000 a 2.500 mm. Apresenta duas estações bem definidas: um período de chuvas, que vai de novembro a março e um período de seca, que vai de maio a setembro, possuindo ainda, um período de transição que varia entre dos meses de abril e outubro.

As temperaturas possuem média anual de 24,5° C, chegando à máxima de 32° C, uniformes ao longo do ano. Esta uniformidade, no entanto, só é perturbada pela entrada de massas de ar polar, que causam quedas bruscas na temperatura, chegando a 10° C, eventos conhecidos como friagem. A umidade relativa do ar permanece alta o ano todo, com médias de 80 a 90%.

### 3.3 SOLOS

Os solos da região onde a reserva se localiza são, em geral, quimicamente pobres e mal drenados, com alguns trechos férteis. Na Reserva, existem quatro tipos de solo:

- Argissolos Eutróficos: predominantes na Unidade, com profundidade entre média e rasa e fertilidade considerável, embora possam ser bastante suscetíveis a erosão. Apresentam drenagem moderada a boa.

- Alissolos Hipocrômicos: solos constituídos por partículas minerais, de profundidade mediana (1,5 a 2,0m) e bem drenados. Ácidos ou moderadamente ácidos.

- Cambissolos Eutróficos: solos de profundidade média, ácidos ou moderadamente ácidos. Devido à sua fertilidade natural, são potencialmente interessantes para a agricultura, havendo restrições apenas em função do relevo e da drenagem.

- Gleissolos Háplicos: apresentam fertilidade alta ao longo das planícies e dos terraços fluviais, mas com sérias limitações devido à presença de lençol freático a pouca profundidade. A aeração é inadequada, o que leva ao consumo rápido do oxigênio do solo por microorganismos e plantas, inibindo o crescimento das raízes. Esse tipo de solo geralmente requer drenagem, aplicação de corretivos e fertilizantes para obtenção de colheitas satisfatórias.

### 3.4 RIOS

A Reserva é drenada por afluentes do rio Purus, o segundo maior representante da drenagem do estado. A parte central é cortada pelo rio Caeté, que atravessa a Reserva, tendo como afluentes vários igarapés, destacando-se o Espera aí, Canamari, Maloca e Santo Antônio. Na parte leste corre o rio Macauã, tendo como principal afluente o igarapé Riozinho.

Os rios são bastante sinuosos, sem padrão meândrico típico e variam sua largura sazonalmente. No auge da seca, sua navegabilidade é reduzida pela pequena profundidade de certos trechos. É muito comum o “derretimento” dos barrancos do rio, que corresponde a deslizamentos da margem, causados pelas variações do regime fluvial.

### 3.5 VEGETAÇÃO

A vegetação predominante na Reserva é a Floresta Ombrófila Aberta de Palmeira, com ocorrência, em menor escala, da Floresta Ombrófila Aberta de Bambu e Floresta Ombrófila Densa com Dossel Uniforme, sendo esta encontrada às margens do rio Caeté.

A Floresta Ombrófila Aberta de Palmeira é caracterizada pela presença de algumas espécies de palmeiras em abundância. A Floresta Ombrófila Aberta de Bambu (taboca) caracteriza-se pela presença de bambu, principalmente do gênero *Bambusa*, disperso no sub-bosque das comunidades climácicas e em grande adensamentos nas áreas onde há maior incidência de luz (clareiras, margens de igarapés e nas estradas de seringa). A Floresta Ombrófila Densa com Dossel Uniforme é caracterizada por vegetação arbórea heterogênea, sem árvores emergentes, com sub-bosque constituído por denso estrato arbustivo.

Embora seja necessário ampliar e aprofundar os estudos sobre a flora da Reserva, algumas observações preliminares indicaram áreas com concentrações de espécies de importância econômica atual ou potencial, como açaí (*Euterpe precatória*), jarina (*Phytelephas macrocarpa*), seringueira (*Hevea brasiliensis*), castanheira (*Bertholetia excelsa*), copaíba (*Copaifera* sp.), cedro (*Cedrella odorata*) e mogno (*Swietenia macrophylla*).

Algumas espécies vegetais registradas na Reserva, classificam-se como ameaçadas na Portaria nº 06/92, do Ibama. São elas: castanheira (*Bertholetia excelsa*), e cumaru-de-cheiro (*Torresea acreana*), na categoria “vulnerável” e mogno (*Swietenia macrophylla*) na categoria “em peri

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Foi aplicada a metodologia desenvolvida no Estado do Acre, por Souza *et al* (2006), baseada na classificação não-supervisionada *ISODATA* para verificar o processo de alteração da cobertura florestal, através do programa ArcGis 9.3, na Reserva Extrativista Cazumbá – Iracema localizada nos Municípios de Sena Madureira e Manoel Urbano, realizando também uma análise visual com o auxílio de imagens de satélite Landsat TM-5.

Nesta pesquisa, as análises foram realizadas com base nas informações de dois períodos distintos (1998 a 2007) com intervalo de dez anos de imageamento do satélite LandSat 5-TM.

Primeiramente foram selecionados documentos e informações que abordassem o referido tema, ou seja, bibliografias que discorressem sobre a aplicação de Geotecnologias nos estudos de vegetação e sobre a Unidade de Conservação em questão, para fundamentar as análises de forma que estas pudessem apoiar o processo de investigação dos desmatamentos ocorridos ao longo do período determinado na área de estudo e também permitir que se fizesse um estudo comparativo entre territórios protegidos como forma de auxiliar no processo de gestão destas áreas.

Como um indicador da integridade da vegetação de áreas protegidas no Estado, realizou-se a análise do desmatamento bruto do Estado até 2007, baseado em polígonos de desmatamento fornecido pelo Instituto de Meio Ambiente do Acre (IMAC). Estes polígonos foram originados da análise de imagens de satélite Landsat realizado pelo IMAC em cooperação com o IMAZON até 2004 e após este período elaborados pelo IMAC até 2007, seguindo a mesma metodologia descrita por Souza et al. (2006).

Para complementar, foram consultados dados publicados sobre desmatamento até 2004 no Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE): II Fase e o Relatório sobre Dinâmica do Desmatamento no Estado (1988-2004) de autoria do IMAZON em cooperação com a Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Acre (Souza *et al.*, 2006).

Em seguida, também foram adquiridos dados georreferenciados em formato *shapefile* (.shp) dos limites municipais do Estado do Acre e a base digital de Unidades de Conservação, formada a partir de informações do ZEE;

Cabe ressaltar que, todos os dados acima mencionados foram fornecidos pela Divisão de Geoprocessamento do IMAC no sistema de projeção UTM, Datum SAD-69 Zona 19S.

Pelo fato grande extensão territorial da RESEX Cazumbá-Iracema, foi adquirida as seguintes imagens, com a composição de bandas 3, 4 e 5 (R-G-B).

Data										
Órbita/Ponto	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
002_066	06/07/98	10/08/99	27/07/00	28/06/01	25/07/02	04/07/03	08/08/04	11/09/05	14/09/06	31/07/07
002_067	06/07/98	10/08/99	27/07/00	30/07/01	25/07/02	04/07/03	04/06/04	11/09/05	26/06/06	31/07/07
003_066	13/07/98	18/09/99	04/09/00	06/08/01	02/09/02	-	10/05/04	-	19/07/06	23/08/07
003_067	14/08/98	18/09/99	31/05/00	06/08/01	16/07/02	13/09/03	29/07/04	13/05/05	19/07/06	23/08/07

**Quadro 1.** Imagens Landsat utilizadas na detecção do desmatamento na Reserva Extrativista Cazumbá Iracema no período de 1998 a 2007.

Para o pré-processamento dos dados vetoriais e matriciais utilizou-se o Software *ArcGis* versão 9.3 fornecido pela empresa ESRI. A escolha deste software deu-se pelo fato de que o mesmo é um Sistema de Informação Geográfica que permite inserir e integrar numa única base de dados, informações espaciais provenientes de diversas fontes, como: cartografia, imagens de satélites, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de rede e de modelo numérico de terreno (Moreira, 2003).

Destaca-se, porém, que as etapas de pré-processamento como registro, recorte, realce, mosaicagem e correção geométrica das imagens, bem como, processamento digital das imagens não foram realizados, uma vez que, este processo foi realizado pela Unidade Central de Geoprocessamento (UCEGEO) da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC) que dispõe de um banco de imagens já realçadas e dimensionadas, reduzindo o tempo de processamento computacional dando maior agilidade os trabalhos.

As etapas seguintes do trabalho podem ser descritas da seguinte forma:

#### 4.1.1 Identificação e quantificação do desmatamento

A Unidade Central de Geoprocessamento (UCEGEO) através de seu banco de imagens que vão do ano de 1988 a 2011, realizou o histórico do desmatamento em todo o estado do Acre, conforme metodologia de Souza et al.(2006). A cada ano foram identificadas as

alterações ocorridas de forma a constituir um banco de dados com informações georreferenciadas (SIG), gerando um único shape com todas estas informações (Figura 4).

Este *shape* possui uma simbologia associada à cores diferenciadas correspondentes a cada ano em que ocorreu a alteração que é importada do local ao qual foi criada e armazenada, neste caso, criada pelos técnicos da Divisão de Geoprocessamento do Instituto de Meio Ambiente do Acre e armazenada em uma pasta que guarda todos os arquivos relativos à análise (Figura 5). Para ativar esta simbologia é necessário, no entanto, selecionar na janela “Layer Properties” a opção “Categories” e em seguida “Unique values”.

Já para o cálculo do percentual do desmatamento na Reserva, foram cruzados os *shapes* da Reserva e do Desmatamento, através da ferramenta *Intersect*, que seleciona as diferentes feições que se pretende cruzar para obter alguma nova informação, e neste caso, a alteração que a cobertura vegetal da Reserva apresentou nos anos de 1998 a 2007. Esta ferramenta pode ser utilizada acessando-se na barra de ferramentas principal do programa as opções na seguinte ordem: ArcTollbox – Analysis Tols - Overlay .

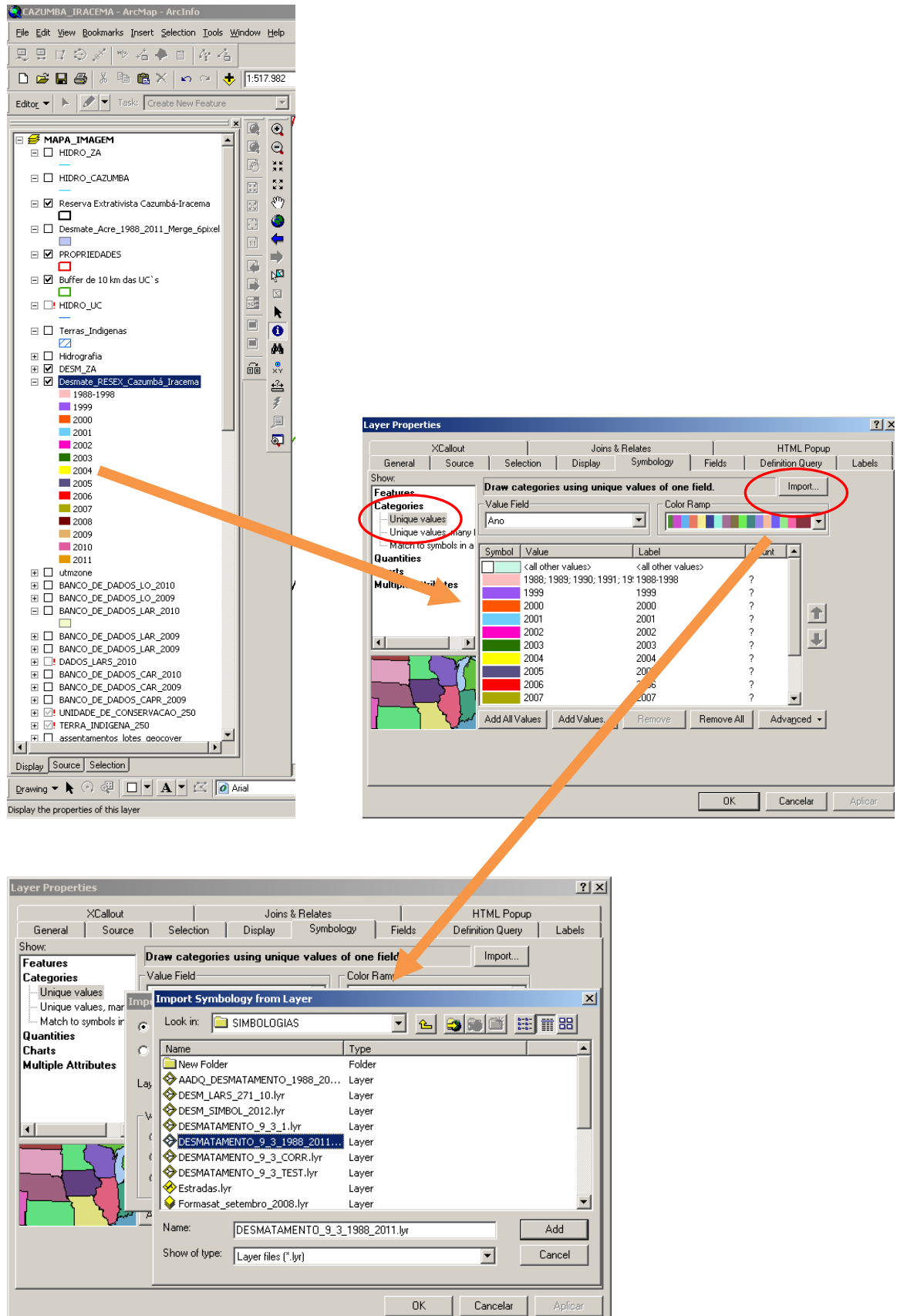
No cruzamento destas informações um novo *shape* foi criado automaticamente, salvo na pasta que armazena todos os *shapes* relacionados à pesquisa e guardou consigo somente a informação de alteração da cobertura vegetal dentro da Reserva Cazumbá-Iracema (Figura 6). Estas alterações foram quantificadas através da ferramenta de cálculo *Calculate Tool* do programa ArcGis também disponível na barra de ferramentas principal do programa (Figura 7).

Attributes of Desmate\_Acre\_1988\_2011\_Merge\_6...

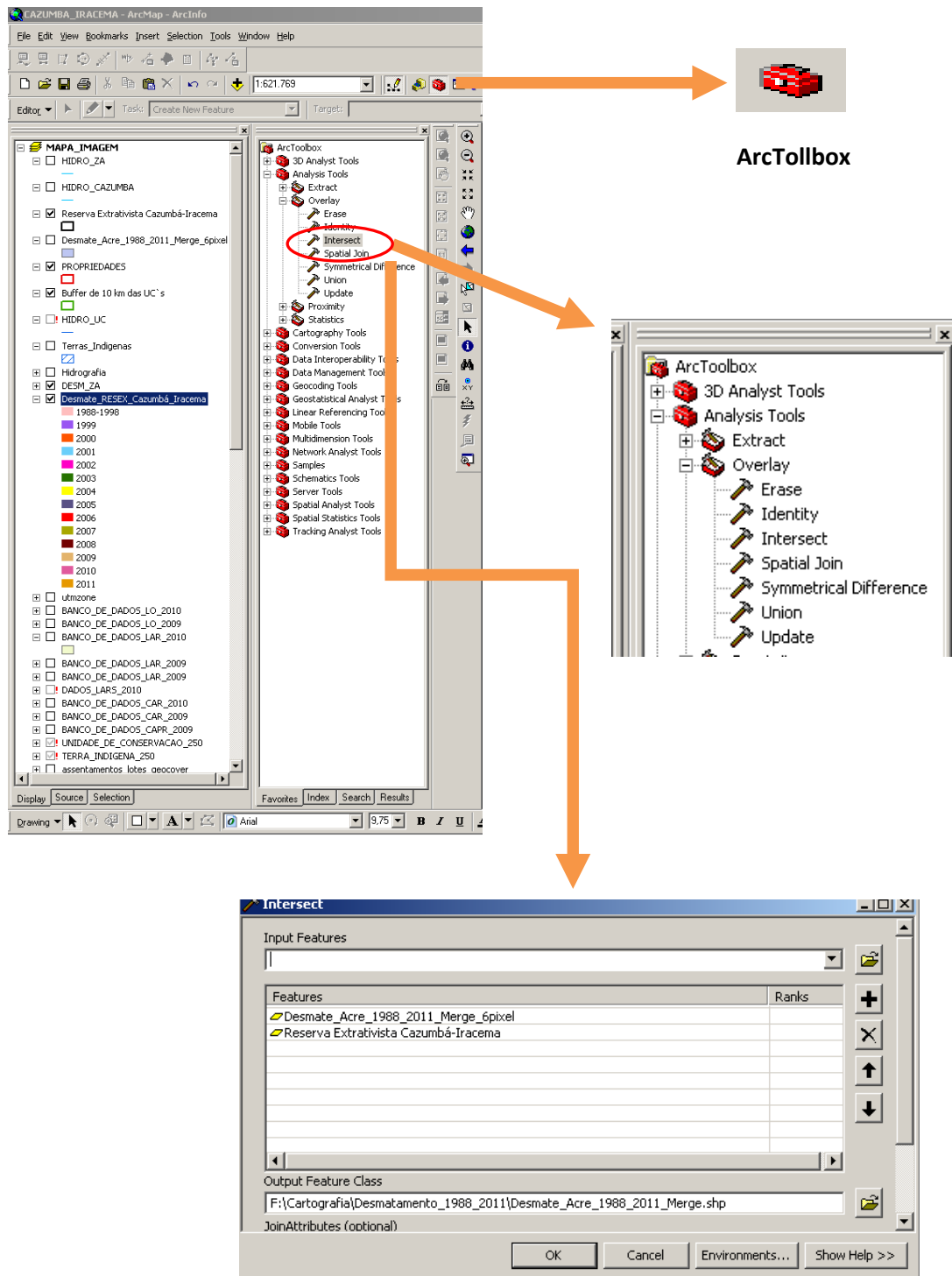
FID	Shape	Ano	Cena	Hectares
0	Polygon	2008	167	2,34
1	Polygon	2008	167	0,99
2	Polygon	2008	167	0,63
3	Polygon	2008	167	0,72
4	Polygon	2008	167	3,06
5	Polygon	2008	167	0,989997
6	Polygon	2008	167	6,3
7	Polygon	2008	167	4,05
8	Polygon	2008	167	2,97
9	Polygon	2008	167	0,72
10	Polygon	2008	167	1,53
11	Polygon	2008	167	2,16
12	Polygon	2008	167	0,977306
13	Polygon	2008	167	15,389995
14	Polygon	2008	167	0,809992
15	Polygon	2008	167	0,72
16	Polygon	2008	167	0,81
17	Polygon	2008	167	1,98
18	Polygon	2008	167	8,46
19	Polygon	2008	167	0,63
20	Polygon	2008	167	4,95
21	Polygon	2008	167	1,44
22	Polygon	2008	167	1,169996
23	Polygon	2008	167	0,72
24	Polygon	2008	167	1,08
25	Polygon	2008	167	2,069993
26	Polygon	2008	167	2,52
27	Polygon	2008	167	1,08
28	Polygon	2008	167	0,63
29	Polygon	2008	167	1,8
30	Polygon	2008	167	5,04
31	Polygon	2008	167	2,43
32	Polygon	2008	167	2,7
33	Polygon	2008	167	1,17
34	Polygon	2008	167	6,12
35	Polygon	2008	167	5,31
36	Polygon	2008	167	3,15
37	Polygon	2008	167	2,52
38	Polygon	2008	167	0,629997
39	Polygon	2008	167	3,6
40	Polygon	2008	167	2,88
41	Polygon	2008	167	0,72
42	Polygon	2008	167	2,249985
43	Polygon	2008	167	5,22
44	Polygon	2008	167	0,719998
45	Polygon	2008	167	0,81
46	Polygon	2008	167	5,76

Record: 1 Show: All Selected

**Figura 4.** Exemplo da tabela de atributos gerada a partir do shape do Desmatamento no estado do Acre (programa *ArcGis* 9.3).



**Figura 5.** Simbologia aplicada ao shape de desmatamento com cores correspondentes a cada ano em que ocorreu desmatamento.



**Figura 6.** Utilização da ferramenta Intersect para obtenção do desmatamento somente dentro da RESEX

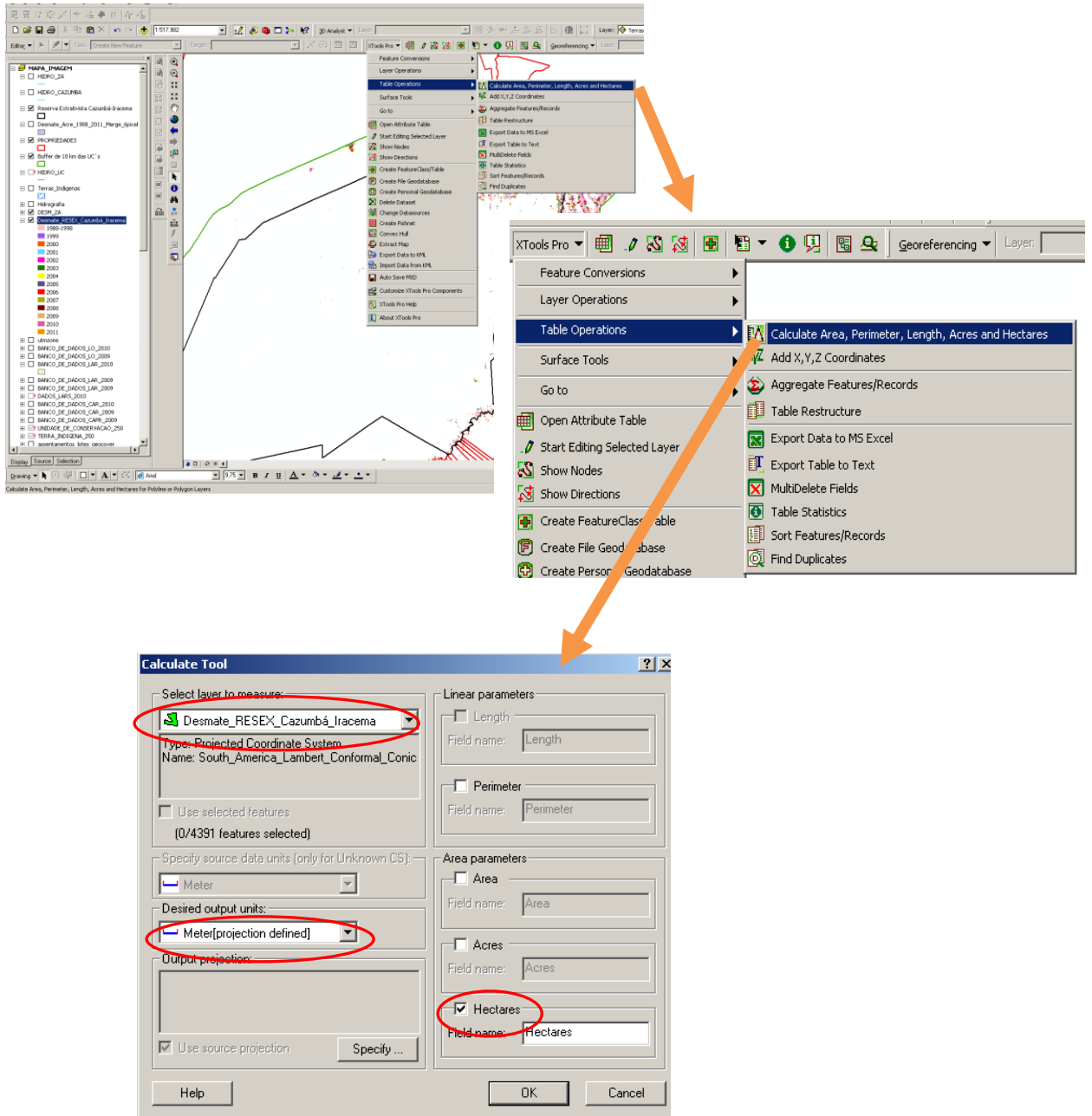


Figura 7. Cálculo do desmatamento ocorrido na área por ano através da ferramenta Calculate Tool.

Por fim, foram quantificados os desmatamentos ocorridos do ano de 1998 a 2002 (período anterior à criação da Reserva) e do ano de 2003 a 2007 (anos posteriores a criação) inferindo-os também ano a ano, a fim de observar o processo de alteração da cobertura florestal.

#### 4.1.2 Análise comparativa de interpretação visual

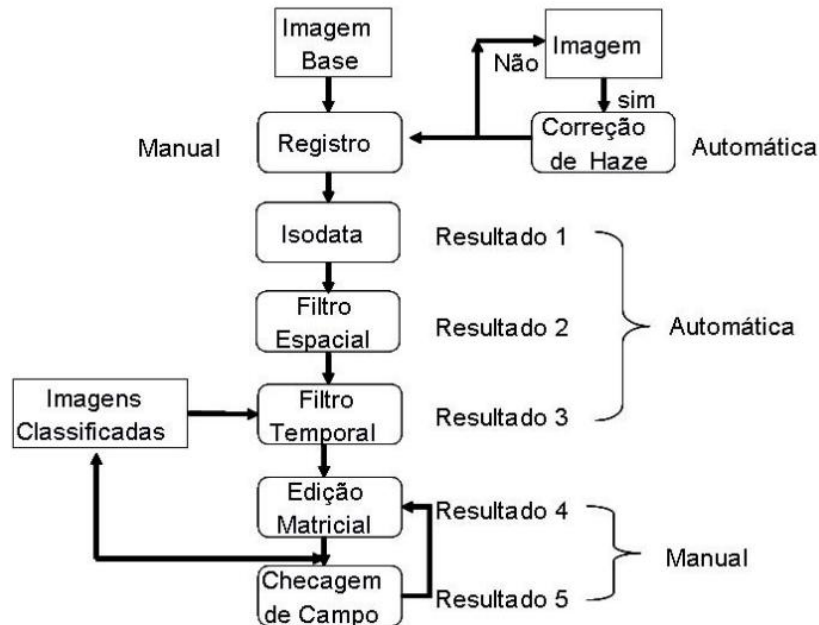
A construção do mapa temático de cobertura vegetal deve associar as técnicas de classificação automática digital e interpretação visual, permitindo agilizar o processo manual, minimizando os erros decorrentes de um processo totalmente automatizado (RICHTER, 2004). As imagens obtidas permitiram fazer observações quanto à evolução do percentual de área alterada a cada ano, podendo-se fazer um comparativo dos dados gerados digitalmente com a observação visual.

Foi gerado um mapa temático e a partir deste, realizou-se uma análise comparativa dos anos para avaliar quais as áreas dentro da Resex que sofreram maiores alterações. Em virtude da grande extensão territorial e para uma melhor observação das alterações ocorridas na área utilizou-se a escala mínima de 1:120.000, dividindo-se a Reserva em dois grandes grupos de acordo com a concentração das alterações: **Parte A** – aquela que concentra as alterações na parte Nordeste e **Parte B** – aquela que concentra as alterações na parte Sul-Sudoeste da Reserva. Utilizou-se esta divisão também, pelo fato de que nas outras partes da Reserva não foram observadas alterações.

Desta forma as informações geradas servirão como subsídio para avaliação de qual atividade desenvolvida na Resex causa maior impacto. Além disso, realizou-se uma pesquisa a fim de identificar às áreas que passaram por alteração em sua cobertura florestal no estado para compará-los aos resultados obtidos. Os resultados permitirão investigar também, o estado de conservação da área e suas principais ameaças, permitindo, avaliar, também, a eficiência do uso das geotecnologias na quantificação destas alterações.

## 4.2 METODOLOGIA DE MAPEAMENTO DO DESMATAMENTO NO ESTADO DO ACRE (SOUZA et al. (2006))

A metodologia utilizada neste estudo está resumida na Figura 8 e as técnicas de processamento digital aplicadas às imagens Landsat são descritas nas seções abaixo.



**Figura 8.** Síntese da metodologia utilizada no mapeamento do desmatamento do Estado do Acre.

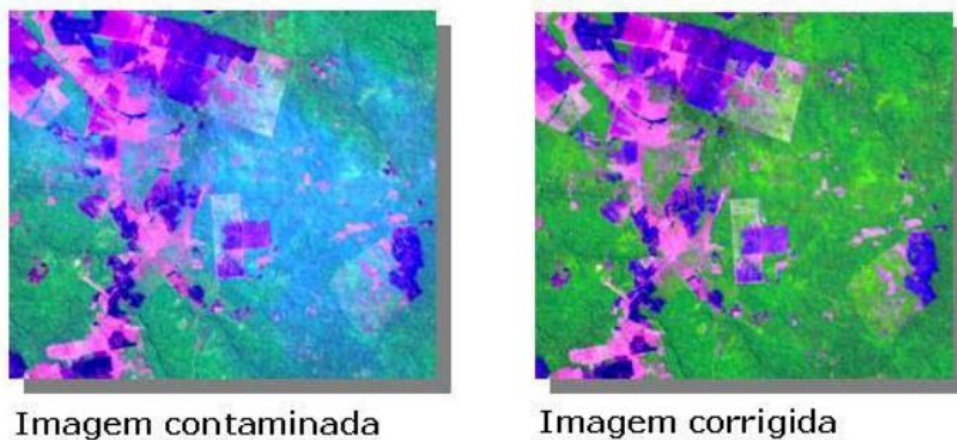
### 4.2.1 Pré-processamento

Três procedimentos antecederam o mapeamento: o georeferenciamento, o registro das imagens e a correção de fumaça. As imagens de 1999, fornecidas pelo Imac, já estavam georeferenciadas. O georeferenciamento permite que os mapas gerados tenham uma precisão geográfica adequada. Isso significa que as áreas desmatadas extraídas das imagens de satélite podem ser localizadas no terreno com o auxílio de GPS (*Global Positioning System*). Utilizamos o sistema de referência UTM (*Universal Transverse Mercator*) para georeferenciar as imagens.

As imagens dos outros anos foram então registradas às imagens correspondentes do ano de 1999 (imagens de referência). Utilizamos como critérios para registrar as imagens pelo menos 35 pontos de controle e o valor do RMSE (root mean square error) aceitável foi menor

que um pixel. O algoritmo utilizado para registrar as imagens foi o método polinomial de segunda ordem disponível no software ENVI 4.2 (ENVI, 2004).

As imagens que apresentaram contaminação atmosférica por fumaça de queimadas foram submetidas à correção destes ruídos. As correções dessas imagens foram necessárias para melhorar a visibilidade da imagem e evitar possíveis erros na classificação automática (Figuras 9). Utilizamos o algoritmo desenvolvido por Carlloto (1999) para este procedimento, o qual foi implementado em IDL (Interactive Data Language) e disponibilizado para os técnicos do Imac.



**Figura 9.** Exemplo de uma subárea de imagem contaminada por fumaça corrigida com o algoritmo desenvolvido por Carlloto (1999).

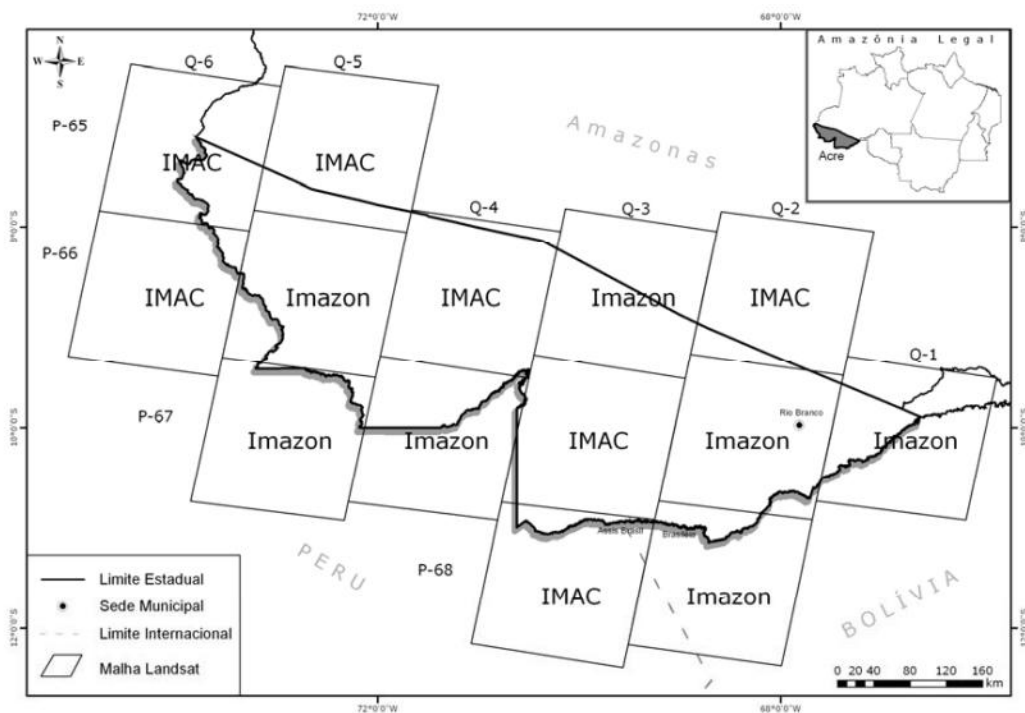
#### 4.2.2 Mapeamento do Desmatamento

##### Mapeamento do Ano Base (1988)

O mapeamento foi conduzido por pesquisadores do Imazon e por técnicos do Imac. Por essa razão, a base de imagens de satélite foi dividida entre as duas equipes de trabalho. A Figura 10 mostra a distribuição das imagens. Utilizamos o algoritmo de classificação não-supervisionada ISODATA1 disponível no programa ENVI 4.2, como primeiro passo para gerar o mapa da cobertura florestal do ano de 1988 (ENVI 2004). O ISODATA é um método de classificação digital não-supervisionado que fornece boa precisão para separar classes com características espectrais distintas (i.e., água, solos, floresta, pasto). Outra vantagem é que o ISODATA permite mapear áreas com formas complexas, como por exemplo, rios e lagos, e

pequenas áreas desmatadas. Utilizamos como menor unidade mapeável 0,25 ha. O ISODATA foi implementado com 15 classes espectrais como número máximo de classes para serem extraídas das imagens em um total de 10 iterações.

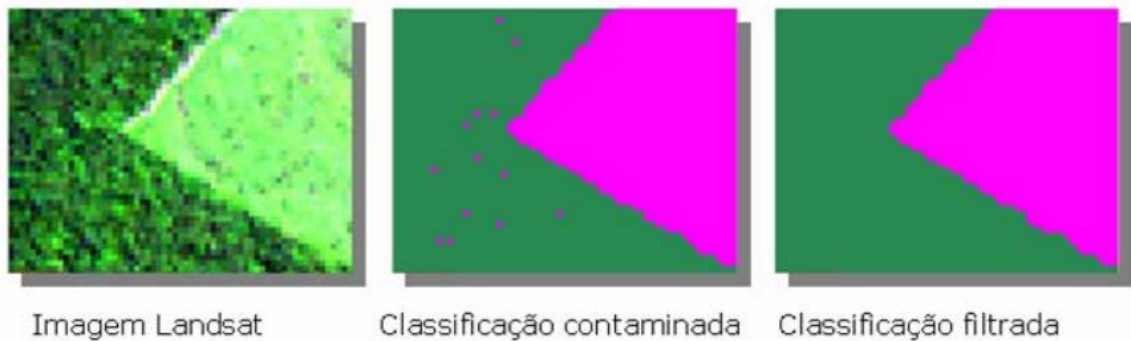
Em seguida, realizamos o agrupamento das classes espectrais, obtidas com o ISODATA, em classes de informação: (i) floresta; (ii) desmatamento; (iii) água; (iv) nuvens; (v) sombras; (vi) florestas degradadas; e (vii) outras (praias, bancos de areia, barrancos e pequenas formações de campos naturais). O agrupamento permitiu obter um mapa preliminar da cobertura florestal com boa exatidão (~80%), agilizando o processo de mapeamento.



**Figura 10.** Distribuição anual de todas as órbitas/ponto entre IMAC e Imazon

O mapeamento automático utilizou o classificador automático, não-supervisionado, ISODATA. Este procedimento permitiu gerar o resultado 1. O próximo passo consistiu na aplicação de filtros espaciais, também desenvolvidos em IDL, para corrigir erros da classificação automática. Os erros consistem na classificação de áreas menores que a ‘Menor Unidade Mapeável’ na escala 1:50.000 (0,25 ha, aproximadamente 3 pixels). Por exemplo, áreas de florestas menores que 0,25 ha foram reclassificadas para desmatamento porque não podem ser representadas na escala 1:50.000, ou seja, em um milímetro quadrado no papel. Contudo, como o classificador automático classifica cada pixel individualmente, é de se esperar que regiões menores que a menor unidade mapeável apareça. Este procedimento gera

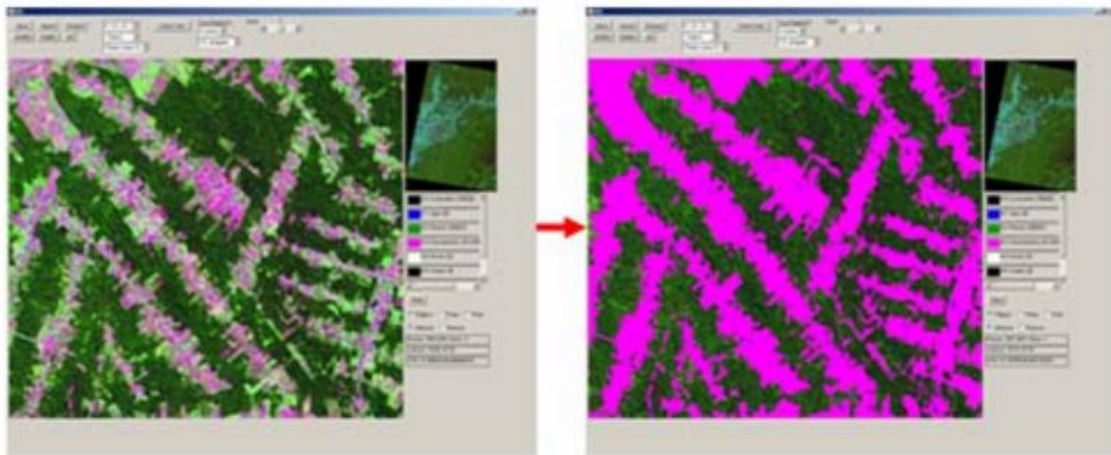
o resultado 2, exemplificado pela figura abaixo. Na Figura 11 a composição colorida R-G-B (5-4-3) revela que as unidades menores do que 0,25 ha aparecem como solo exposto (denotado pela cor rosa – classificação contaminada) devendo passar pelo filtro para a correção dos erros de classificação.



**Figura 11.** Aplicação do filtro espacial para correção de escala (Menor Unidade Mapeável) na classificação.

Finalmente, os erros de classificação do ISODATA foram corrigidos através de interpretação visual (Figura 12), para gerar o resultado 4 (no ano base, não se aplica a correção com filtro temporal – resultado 3 – porque este procedimento necessita de pares de imagens). A vantagem de se combinar a classificação automática seguido de interpretação visual é que na primeira fase da classificação, o algoritmo ISODATA e o filtro espacial permitem gerar o mapa preliminar em um menor tempo. Na fase de interpretação visual, apenas as áreas que apresentaram erros são corrigidas.

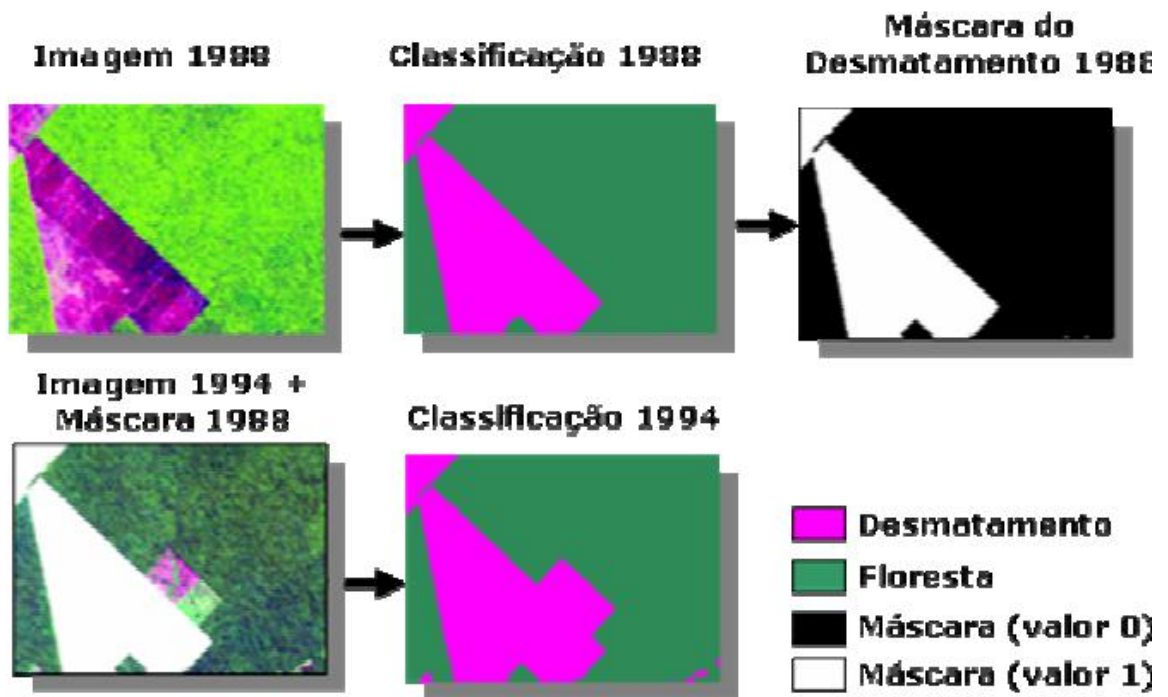
A interpretação visual foi conduzida na escala de 1:50.000, utilizando o programa ClassEdit (editor matricial) - uma extensão do ENVI 4.2 (SulSoft, 2004). O ClassEdit permite sobrepor a resultado da classificação automática nas imagens originais e conduzir edição matricial (Figura 8). Isso facilita a identificação e correção dos erros de classificação. A correção dos erros é feita através da digitalização, na imagem classificada pelo ISODATA, das áreas que apresentaram erros, seguida pela reclassificação dos polígonos para as classes corretas.



**Figura 12.** Interface do Classedit onde foram feitas as interpretações visuais (Fonte: Sulsoft).

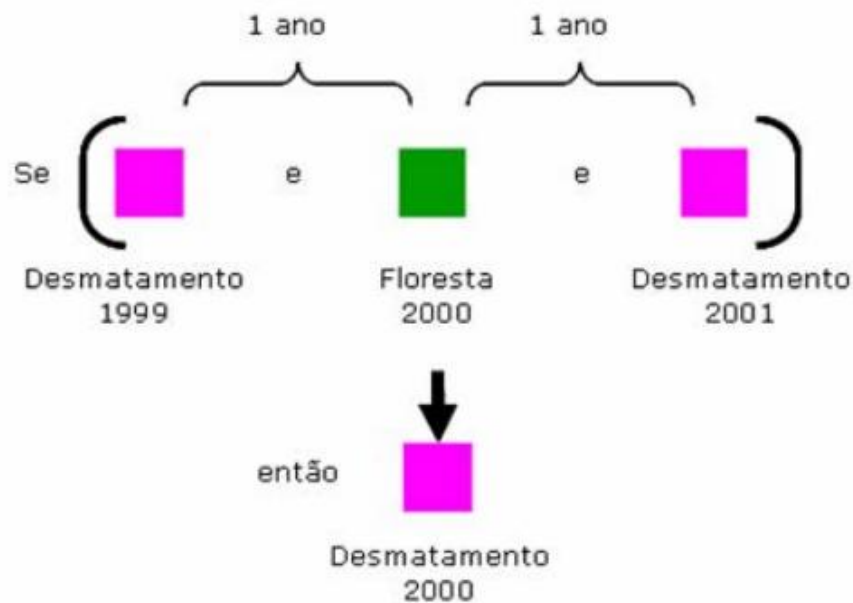
### Mapeamento do Incremento Anual de Desmatamento

As áreas desmatadas em 1988 foram usadas como referência para mapear o desmatamento nos anos posteriores. Para isso, o mapa do desmatamento de 1988 foi classificado em duas classes: áreas de floresta (valor zero) e áreas desmatadas (valor um). Este procedimento ajudou a reduzir a área da imagem que precisava ser processada nos anos posteriores a 1988. Ou seja, apenas as áreas com o “valor zero” foram classificadas automaticamente para o ano de 1994-2004. Como mostra a Figura 13.



**Figura 13.** Exemplo de detecção e mapeamento de incremento de desmatamento.

Estes procedimentos permitem gerar o mapa de incremento do desmatamento para o ano de 1994. O mapa de desmatamento bruto de 1994 é obtido combinando-se o mapa de desmatamento bruto de 1988 com o mapa de incremento de 1994. Os processamentos descritos acima foram aplicados para cada par de imagens de 1988 a 2004 (e.g., 1988-1994, 1994-1995, ..., 2003-2004) o que permitiu gerar os mapas de incremento e de desmatamento bruto de cada ano. Para garantir que não há erros de classes entre os anos, utilizamos filtro temporal para detectar transições na cobertura florestais não permitidas na série temporal de desmatamento. Por exemplo, uma área passar de desmatamento para floresta (neste caso a áreas de veria ser classificada como floresta secundária, mas como neste projeto não há interesse neste tipo de classe, a mesma é reclassificada para desmatamento) (Figura 14). Esse procedimento gera o resultado 3 (Figura 8).



**Figura 14.** Transição não permitida, em 2000. O filtro temporal detecta que esta transição não é permitida e corrige o problema automaticamente.

Caso dados coletados no campo revelem erros de classificação, esses podem ser corrigidos em mais uma etapa edição matricial (resultado 4), através de interpretação visual (resultado 4) seguindo os mesmos procedimentos adotados no mapeamento do ano base. Para as áreas que não apresentem problemas, o resultado 4 passa a ser o resultado final do mapeamento (Figura 11). Mas, se dados de campo revelarem erros na classificação, as áreas com problemas podem ser reeditadas para corrigir o problema, chegando ao resultado 5 (Figura 8).

#### 4.2.3 Estimativa da área desmatada e da taxa de desmatamento

O primeiro passo para gerar as estatísticas de desmatamento bruto foi criar um algoritmo no ambiente do IDL com o objetivo de ler as imagens e estimar o desmatamento automaticamente das cenas do Landsat utilizadas no mapeamento. Os mapas de desmatamento bruto de cada ano foram combinados com os mapas dos limites políticos do Estado e das regiões do Estado (escala 1:250.000 -ZEE-AC, 2000).

Este procedimento permitiu extrair as estatísticas de áreas desmatadas e para todo o Estado e para as Regiões do Estado. Para calcular a taxa anual de desmatamento, normalizamos primeiramente o incremento do desmatamento para um ano. O incremento do desmatamento refere-se à área desmatada entre o período de aquisição das imagens que podem ser maior ou menor que um ano. Para normalizar o incremento de desmatamento para um ano (365 dias) usamos a seguinte equação:

$$\text{Incremento Normalizado} = \frac{\text{Incremento}}{\text{Núm. de dias entre as imagens [dias]}} \times 365[\text{dias/ano}]$$

A equação acima foi aplicada a todas as órbitas-ponto do Landsat que compõem o Estado do Acre. As taxas anuais de desmatamento para o Estado, Municípios e Regiões foram obtidas somando-se os incrementos normalizados das órbitas-ponto para as áreas referentes a esses limites políticos (153.149,9 km<sup>2</sup>).

#### 4.2.4 Desmatamento em Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Assentamentos

Combinamos o mapa de desmatamento de 2004 com os mapas de Unidades de Conservação, Terras Indígenas e de assentamentos rurais para avaliar a situação do desmatamento nessas áreas. Isso permitiu classificar as Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Assentamentos em função da área desmatada.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO DESMATAMENTO

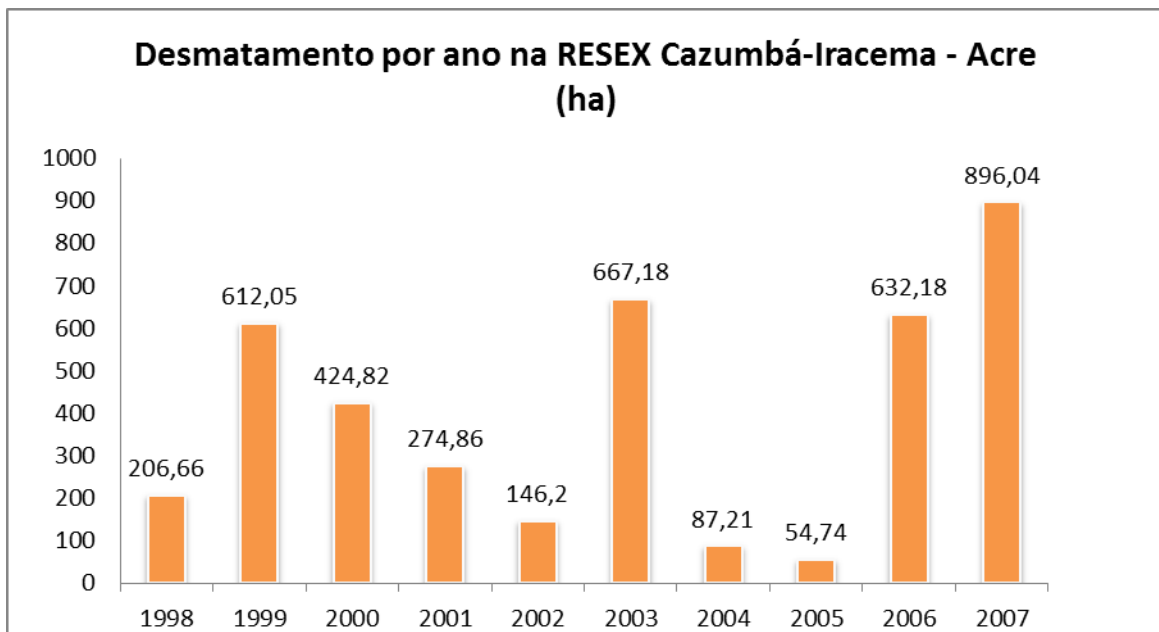


Gráfico 1. Desmatamentos (em ha) na RESEX por ano (1998 a 2007)

Analisando o gráfico 1 acima, pode-se observar algumas oscilações quanto ao desmatamento ocorrido em relação aos anos pesquisados. Nos anos que antecederam a criação da unidade houve um grande aumento de áreas desmatadas atingindo um pico no ano de 1999 com 612,05 ha desmatados, respondendo por 15,29% do total desmatado na Reserva, entrando em declínio nos anos posteriores. Já no período posterior, os anos de 2003 e 2007 marcaram os anos, em que houve maior crescimento de desmatamento na área, com 667,18 ha e 896,04 ha ou 16,67% e 22,39%, respectivamente.

É importante destacar que na literatura existente os dados relativos a percentuais desmatados em Unidades de Conservação no estado do Acre são praticamente inexistentes. Desta forma, comparou-se estes resultados obtidos com os já descritos por Souza et al (2006), aonde o autor cita que no mesmo período as Unidades que apresentaram percentuais de desmatamentos semelhantes foram a Floresta Estadual do Antimary, a Floresta Estadual do Rio Gregório e a Floresta Nacional Santa Rosa do Purus

## 5.2 INCREMENTO DO DESMATAMENTO

Inicialmente é importante destacar que, os resultados acima apresentados não ilustram o real desmatamento ocorrido na área, uma vez que a metodologia proposta e desenvolvida por Souza et al. (2006) inclui o valor de área desmatada em um determinado ano ao ano subsequente, ou seja, os valores são cumulativos. Desta forma, para se obter o real valor do incremento no desmatamento dentro da área, foi necessário subtrair os valores de um ano ao seu ano antecessor (ex: 1999-1998).

Ano	Área Alterada (ha)	Incremento (ha)
1998	206,66	206,66
1999	612,05	-187,23
2000	424,82	-149,96
2001	274,86	-128,66
2002	146,2	520,98
2003	667,18	-579,97
2004	87,21	-32,47
2005	54,74	577,44
2006	632,18	263,86
2007	896,04	896,04

**Quadro 2.** Áreas desmatadas e incremento do desmatamento nos anos analisados (1998 a 2007).

Assim o Gráfico 2 abaixo apresenta os valores reais correspondentes ao incremento do desmatamento anualmente. Os anos de 2002, 2005 e 2006 corresponderam aos anos com participação direta no processo de incremento de áreas desmatadas em todo o período observado com 520,98 ha, 577,44 ha e 263,83 ha, respectivamente. Por outro lado, verificaram-se valores negativos nos anos de 1999, 2000, 2001 e 2004. A existência destes valores está diretamente relacionada a uma redução, em hectares, de áreas desmatadas, provavelmente, em decorrência de erros de classificação automática, pois de um ano para outro não há possibilidade de regeneração na vegetação suficiente que possa reduzir estes valores.

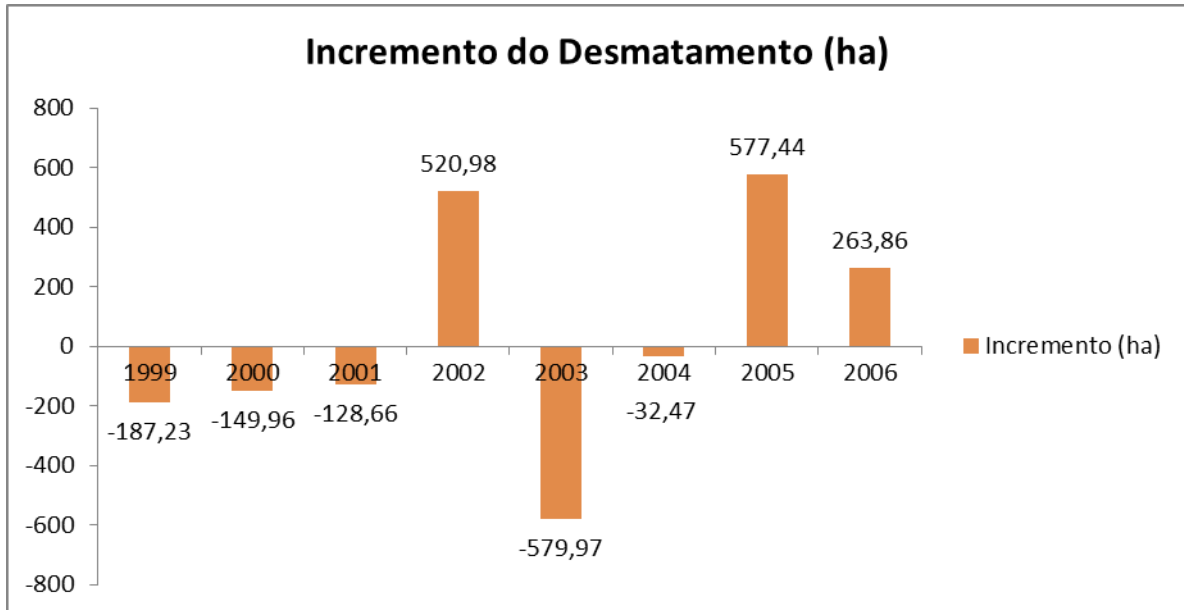


Gráfico 2. Incremento do desmatamento (em ha) na RESEX por ano (1998 a 2007)

Analisando o resultado por período, encontrou-se que foram desmatados cerca de **520,98 ha** no primeiro período (cinco anos antes da criação da Resex) e no segundo (cinco anos após a criação da Resex) **841,3 ha**, conforme pode ser observado no Gráfico 3.

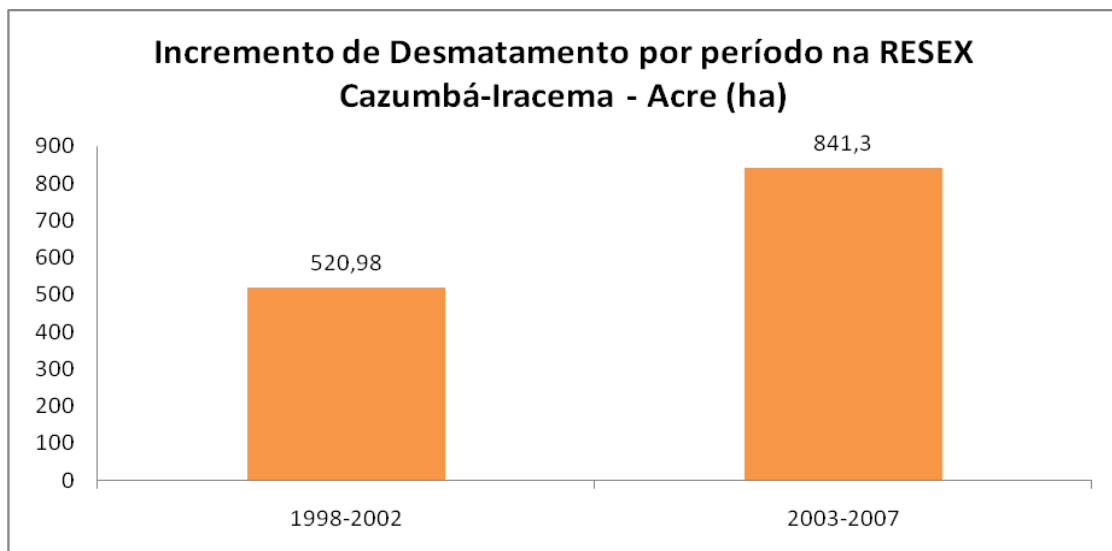
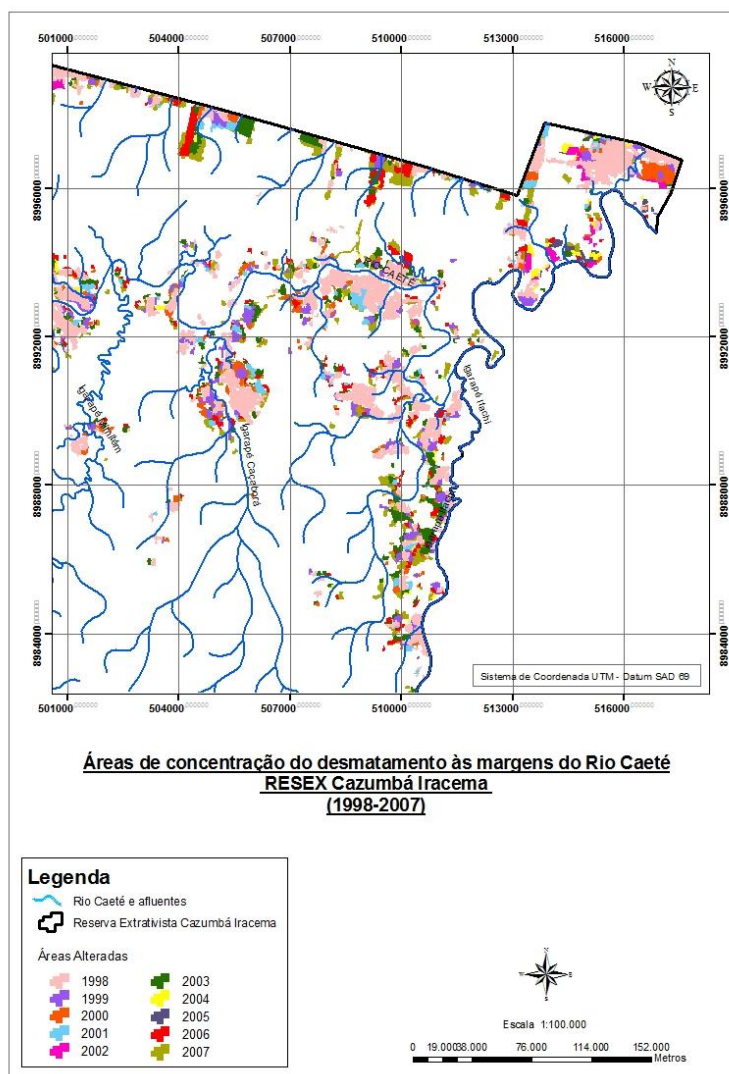


Gráfico 3. Incremento de desmatamento na RESEX para os dois períodos analisados

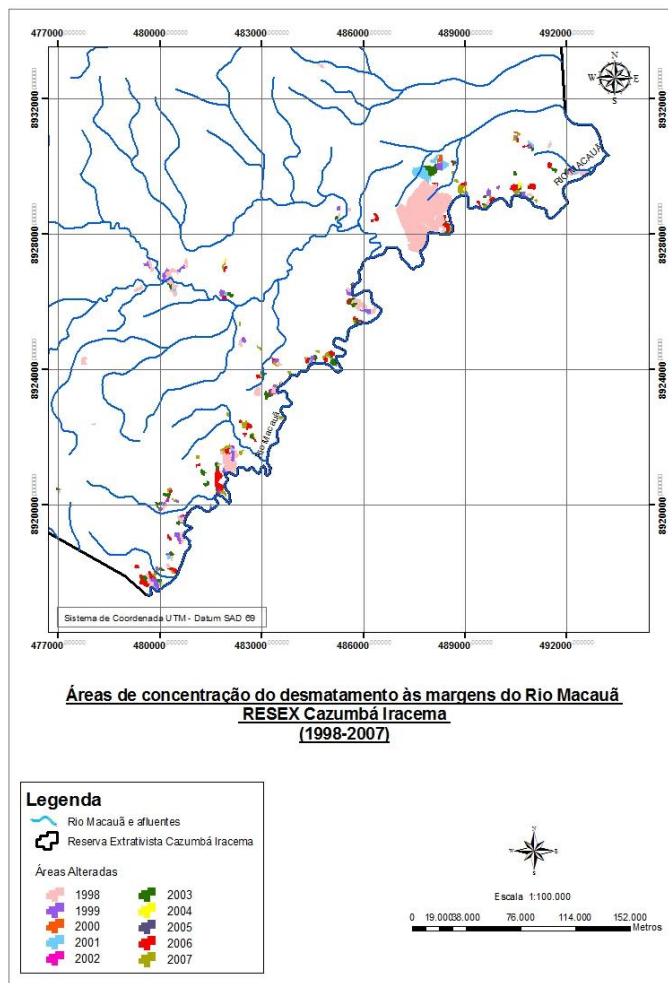
A expansão agropecuária motivada pelo declínio do mercado da borracha, a mobilidade populacional dentro da Resex com o abandono de colocações para posse de outra, o abandono de áreas (áreas de capoeira) que antes constituíam os roçados, são fatores que

podem explicar os dois momentos de maior elevação de alteração da cobertura florestal no período de 2003 a 2007. Soma-se a isto, a grande destruição de grandes hectares oriundas de queimadas ao qual passou o estado no ano de 2005, que muito podem ter contribuído para o grande aumento de áreas desmatadas no ano de 2006.

Analisando a evolução do desmatamento dentro da área, ficou constatado desmatamento em uma parte da RESEX, conforme pode ser observado nas Figuras 15 e 16 abaixo. É importante frisar que, a evolução do desmatamento demonstrou uma maior concentração de alterações na parte Nordeste e Sudoeste da Reserva, que correspondem, para fins didáticos, a parte A e a parte B anteriormente definidas.



**Figura 15.** Concentração da evolução do desmatamento nas margens do Rio Caeté e seus afluentes, na parte A da RESEX.



**Figura 16.** Concentração da evolução do desmatamento nas margens do Rio Macauã e seus afluentes, na parte B da RESEX.

Um dos fatores que explicam esta afirmativa diz respeito à concentração populacional residente às margens dos principais rios e seus afluentes pertencentes à Bacia do Purus que cortam a área, tornando-se mais esparsa em direção ao centro e ao alto dos rios. Este fato também corrobora com outros resultados apresentados, pois há cerca de 12.854 pessoas que vivem em 157 localidades ao longo dos rios Caeté, Iaco, Macauã, Chandless e Purus (ACRE, 2006).

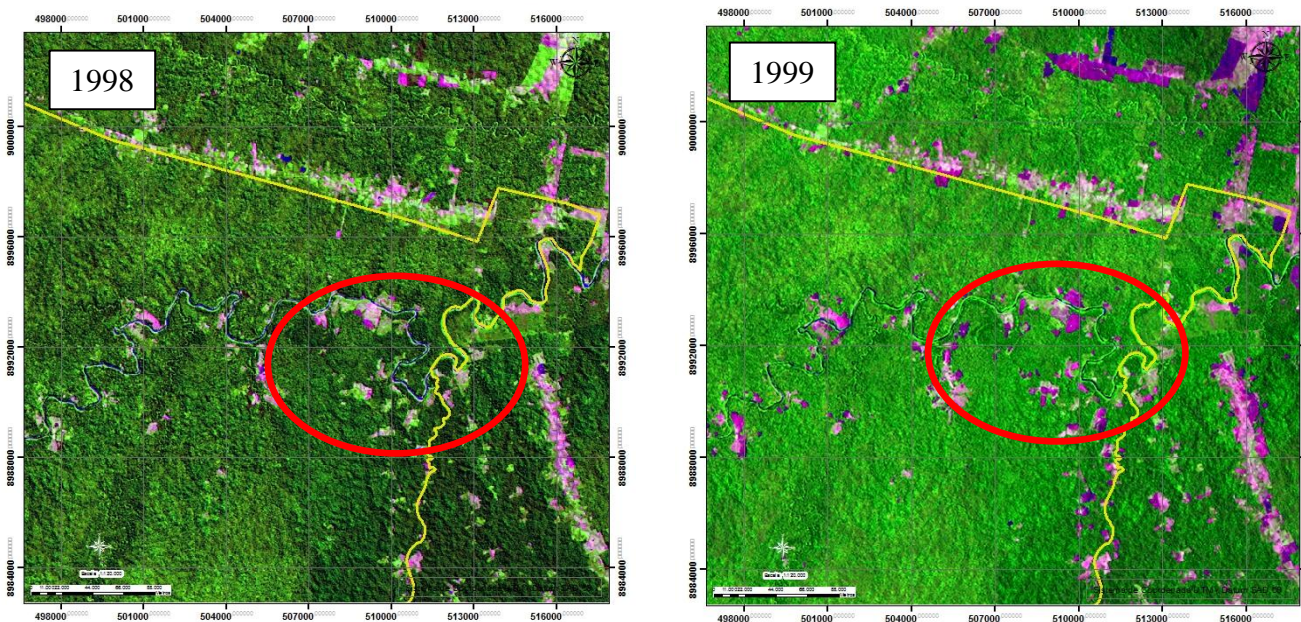
## 5.2 ANÁLISE COMPARATIVA DE INTERPRETAÇÃO VISUAL

Realizou-se a interpretação visual das imagens ano a ano a fim de identificar se a mesma apresenta resultados semelhantes aos obtidos a partir do processo digital. Tomando por base a metodologia proposta por Souza et al. (2006), considerou-se o mesmo agrupamento das classes espectrais, obtidas com o ISODATA, em classe de informação de floresta (representada pela cor verde), desmatamento (solo exposto – representado pela cor rosa), água (representada pela cor azul), nuvens, sombras, florestas degradadas, etc. No entanto, é importante ressaltar que:

- No ano 2000 a alta incidência de nuvens na imagem 003\_067 de 31/05/2000 impossibilitou a análise visual da evolução do desmatamento na parte B da Resex;
- No ano de 2002 a alta incidência de nuvens e imagens com rebarbas não permitiram fazer a interpretação visual do desmatamento ocorrido na Reserva neste ano;
- Nos anos de 2003 e 2005 a falta da imagem 003\_066 impossibilitou a visualização que revelaria a evolução do desmatamento para os citados anos.

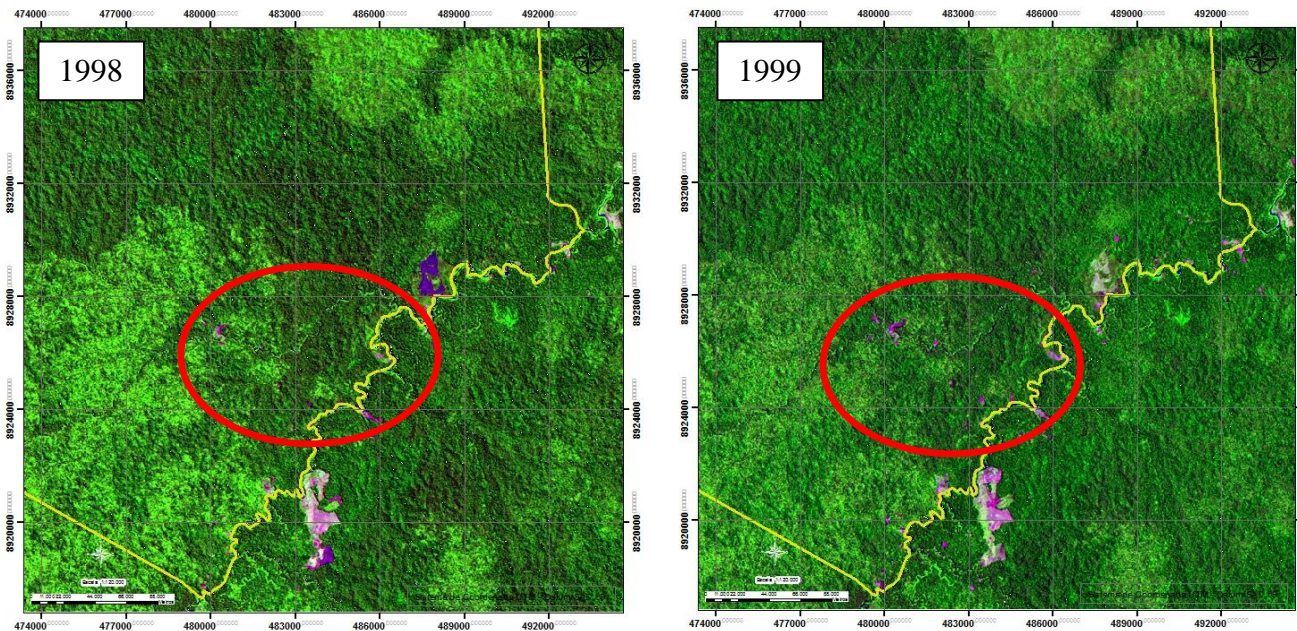
Nas imagens abaixo, aonde a Resex é delimitada pela cor amarela, foram identificadas a cada ano as alterações ocorridas na área e pode-se fazer as seguintes inferências:

- A figura que representa o ano de 1999, na parte A da Reserva abaixo, apresenta a interpretação visual da cobertura vegetal do presente ano. Notam-se diferenças em relação ao tamanho das manchas de solo exposto quando comparadas com a imagem anterior (1998);



**Figura 17.** Análise comparativa de interpretação visual em tela dos anos de 1998 e 1999 na parte A da Reserva.

- O mesmo pode ser visualizado na parte B da Reserva, porém, em menor intensidade. Vale destacar que os pontos correspondentes a solo exposto apresentam uma tonalidade rosa bem expressiva, onde se pode supor uma maior interatividade entre a radiação e o solo com ausência de cobertura vegetal;



**Figura 18.** Análise comparativa de interpretação visual em tela dos anos de 1998 e 1999 na parte B da Reserva.

- Os pontos correspondentes a classe de solo exposto pode ter influência direta das atividades de pecuária e agricultura de subsistência. A literatura existente, cita que muitas destas áreas foram plantadas em pontos de ocorrência de áreas degradadas e outras abandonadas;
- A interpretação visual permitiu inferir, ainda, que o processo de ocupação da Reserva deu-se ao longo dos rios, aonde se concentram a maioria das alterações ocorridas na área, não alcançando, porém, outras porções da grande Reserva, pois pode visualizar nas imagens que a vegetação se sobressai através da expressiva e dominante tonalidade verde e da percepção da rugosidade característica e indicativa da presença de floresta que ocupa, ainda, a maior parte a área.

## 6 CONCLUSÕES

- Os anos de 2003 e 2007 marcaram os anos, em que houve maior crescimento de desmatamento na área, respondendo 16,67% e 22,39%, respectivamente sob o valor total desmatado.
- O valor do incremento do desmatamento foi de **520,98 ha** no primeiro período (cinco anos antes da criação da Resex) e no segundo (cinco anos após a criação da Resex) **841,3 ha**.
- Foram encontrados valores negativos em relação ao incremento de um ano ao seu subsequente, provavelmente ocasionado por erros de classificação automática, pois de um ano para outro não há possibilidade de regeneração na vegetação suficiente que possa reduzir estes valores.
- A aplicação da metodologia desenvolvida pelo Estado do Acre baseada na técnica não supervisionada ISODATA utilizada mostrou-se adequada na avaliação da intensidade do desmatamento na área da Reserva Cazumbá Iracema, muito embora tenha se verificado a necessidade de uma reclassificação em decorrência de valores de incremento decrescentes;
- A utilização das imagens LANDSAT foi satisfatória no processo de identificação de desmatamentos, por apresentar bons resultados para monitoramento em longo prazo por possuir imagens de algumas décadas;
- A geotecnologia aplicada demonstrou possuir boa aplicabilidade na detecção de desmatamentos em Unidades de Conservação, pois além de oferecer celeridade no processo de investigação de possíveis alterações na área, permitem que medidas de fiscalização e controle possam ser postas em prática em tempo hábil a evitar perdas para estes territórios especialmente protegidos.

## 7 REFERÊNCIAS

- ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000**. Rio Branco: SEMA, 2006. 354p.
- AMARAL, P. P. do; GOMES FILHO, A.; MAIA, A. C. **Conhecendo a Reserva Extrativista do Cazumbá-Iracema: diagnóstico, reflexões e tendências**. Rio Branco, AC: Associação dos Seringueiros do Seringal Cazumbá, 2006, 92 p. il.
- AZEVEDO, T. S.; de. **O Uso de Geotecnologias e a Legislação Ambiental: Aspectos Institucionais**. CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro (SP) – Vol.5 – n.2 – julho/dezembro/2010, p. 78. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/index>>. Acesso em 22 set. 2012.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. WDL Publications, Ottawa, Canadá. 294 p., 1995.
- BATISTELLA, M. et al. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em 22 out de 2012.
- BECKER, B. K. **Amazônia: geopolítica na virada do III**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.
- BERNINI, H.; OLIVEIRA, D. S. de.; MORET, A. S. de. **O uso de geoprocessamento para a tomada de decisão na utilização de recursos naturais estudo de caso Resex do Rio Ouro Preto - RO**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2315-2322.
- BRASIL, Leis. Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Data da legislação: 18 de julho de 2000 – Publicação DOU: 19/07/2000. 2000.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. **Plano de Manejo da Reserva Extrativista do Cazumbá-Iracema**. Sena Madureira, 2007.
- BRITO, D. M. C. **A construção do espaço público na Gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental do Rio Curiaú**. Brasília, *Dissertação* (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável), CDS-UnB, 2003.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems**. Oxford, Oxford University Press, 1998.

CÂMARA G., MEDEIROS J.S. **Princípios Básicos em Geoprocessamento**. In: Assad E.D. e Sano E.E. (eds.) *Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. Brasília, DF, 1998, 3-11.

DALLA CORTE, A. P. **Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Geotecnologias Aplicadas a Gestão Florestal**. Apostila do curso de Pós Graduação em Gestão Florestal. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2012.

DIEGUES, A. C. S. **Populações tradicionais em Unidades de Conservação: o mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: Núcleo de Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas do Brasil, 1994.

FATORGIS. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br/geotec.asp?orig=A4>. Acesso em 16 de out de 2012.

FITZ, P. R. **Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas**. In: *Geoprocessamento sem complicação*, Ed. Oficina de Textos. 2008. pp. 98-138.

FLORENZANO, T. G. **Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso**, Revista do Departamento de Geografia, USP nº 17, ISSN 0102-4582, 2005. p. 24 – 29.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Amazônia: reservas extrativistas: estratégias 2010**. CNPT. – Brasília: Edições Ibama, 2002.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia por Satélites Sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e queimadas 2007-2008**. Disponível em: <[http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio\\_Prodes2008.pdf](http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio_Prodes2008.pdf)>. Acesso em 14 de out de 2012.

LEITE, P. S. dos. **Uso do Sensoriamento Remoto e SIG no Monitoramento e Licenciamento Ambiental de Propriedades Rurais em Mato Grosso**. Resultado do workshop realizado em Brasília, DF, nos dias 2 e 3 de abril de 2002. MMA/SCA/PPG7. Brasília, DF 2002.

MIRANDA, P. J. **Identidade Territorial e Organização Social: Reserva Cazumbá-Iracema no município de Sena Madureira/Acre,.....p., 297 mm (UnB-CDS, Mestre, em Política Gestão Ambiental, 2006)**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

MOREIRA, M. A. **FUNDAMENTOS DO SENSORIAMENTO REMOTO E METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO**. 2. ed. Viçosa: Ufv, 2003.

NASA, National Aeronautics and Space Administration. **THE LANDSAT PROGRAM**. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em 02 de agosto 2012.

NASCIMENTO, J. L. A. do. **Uso de geotecnologia no monitoramento de unidades de conservação: Ocupações peri-urbanas na Apa margem esquerda do Rio Negro**. Dissertação apresentada como requisito para obtenção de grau de Mestre do programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente Manaus, Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010, 117p.il.color.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípio e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3ª Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. 359 p.

RIBEIRO, R. J. C. da.; BAPTISTA, G. M. M. de.; BIAS, E. S. de. **Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5471-5478.

RICHTER, M. **Geotecnologias no Suporte ao Planejamento e Gestão de Unidades de Conservação**. Estudo de Caso: Parque Nacional do Itatiaia. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Volume 27 / 2004. Disponível em: <[http://www.google.com.br/#hl=ptBR&q=Anu%C3%A1rio+do+Instituto+de++Geoci%C3%A2ncias++UFRJ&oq=Anu%C3%A1rio+do+Instituto+de++Geoci%C3%A2ncias+-+UFRJ&gs\\_l=serp.12..0j0i30.927125.927125.0.930578.1.1.0.0.0.547.547.5-1.1.0...0.0...1c.1j2.mswZ1yRJ5wo&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.&fp=210cb441610b0070&biw=1680&bih=917](http://www.google.com.br/#hl=ptBR&q=Anu%C3%A1rio+do+Instituto+de++Geoci%C3%A2ncias++UFRJ&oq=Anu%C3%A1rio+do+Instituto+de++Geoci%C3%A2ncias+-+UFRJ&gs_l=serp.12..0j0i30.927125.927125.0.930578.1.1.0.0.0.547.547.5-1.1.0...0.0...1c.1j2.mswZ1yRJ5wo&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.&fp=210cb441610b0070&biw=1680&bih=917)>. Acesso em 19 set 2012.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia, EDUFU. 2003. 5. ed. 109p.

SILVA, M. L. M.; PEREIRA, G. P. M. Avaliação de algoritmos de classificação supervisionada para imagens do Cbers-2 da Região do Parque Estadual do Rio Doce-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIII. 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p.6223-6228.

SOUZA, C. Jr, *et al.* **Dinâmica do Desmatamento no Estado do Acre (1988-2004)**. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, 2006, 45 p. il.

SULSOFT. **Tutorial de Processamentos de Imagens do software ENVI 4.0**. Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2003.

VERÍSSIMO, A. et al. **Áreas Protegidas na Amazônia brasileira: avanços e desafios**. Belém: Imazon; São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011.

VIEIRA, S. J. **Transdisciplinaridade aplicada à gestão ambiental de unidade de conservação**. Estudo de caso: Manguezal do Itacorubí. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2007. xxiv, 292 f. : il, 2007).