

Análise de Tese

Monitoramento e caracterização de áreas submetidas à exploração florestal na Amazônia por técnicas de detecção de mudanças

Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça

Metodologia da Pesquisa Científica
Prof. Dr. Gilberto Câmara
Aluna: Nara Vidal Pantoja





MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-13644-TDI/1046

**MONITORAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS
SUBMETIDAS À EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA AMAZÔNIA POR
TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS**

Paulo Mauricio Lima de Alencastro Graça

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, orientada pelos
Drs. João Vianei Soares e João Roberto dos Santos, aprovada em
15 de dezembro de 2004.

INPE
São José dos Campos
2006

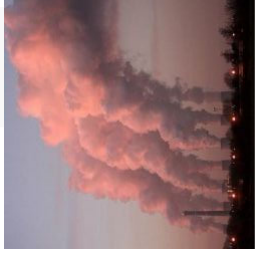
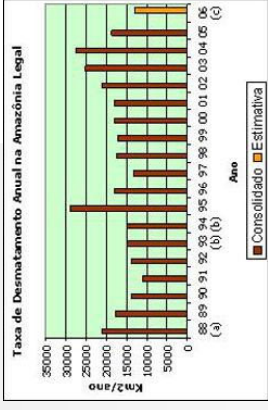
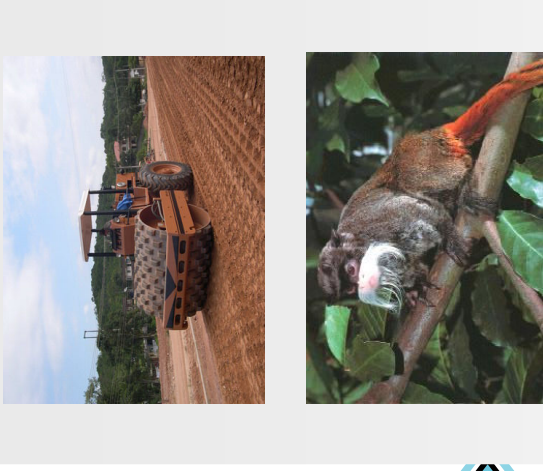
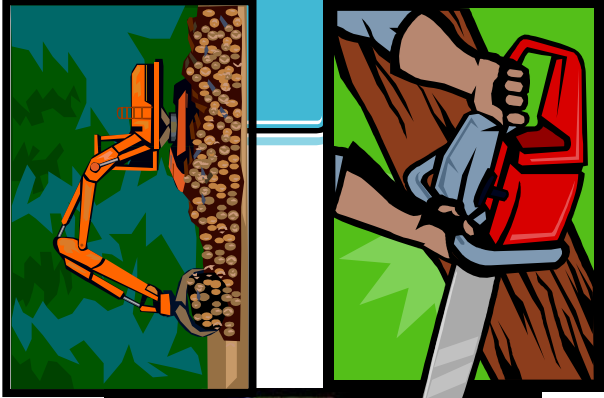




***Florestas submetidas ao corte
seletivo na Amazônia***



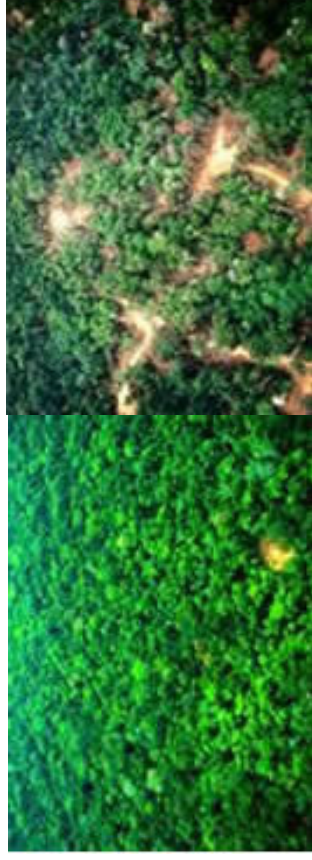
Exploração Florestal



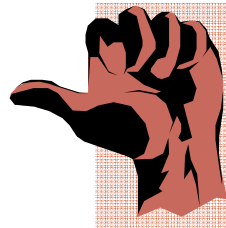
Pergunta científica



Como mapear florestas afetadas pela exploração madeireira ?



Não estava explícita, porém abordou o problema.

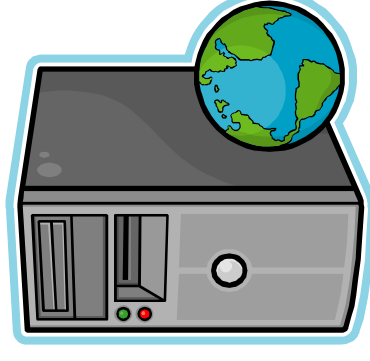


Pergunta científica

Método
Atual

Interpretação visual

Métodos semi-automáticos



Contribuição



Avanço do conhecimento



Desenvolver um procedimento metodológico confiável utilizando técnicas digitais de detecção de mudanças.





Problema

Hipótese



Resultados/
Conclusões

Experimento





Hipóteses

HIPÓTESE 1

Técnicas digitais de detecção de mudanças utilizando dados multitemporais possibilitam identificar e mapear as áreas de floresta de terra firme sob atividade madeireira e de florestas afetadas pelo fogo.



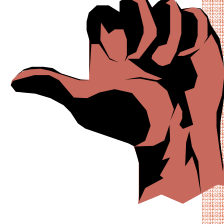
Hipóteses

HIPÓTESE 2

A metodologia aplicada neste estudo permitirá quantificar e monitorar as mudanças no uso do solo ocorridas nas áreas sob exploração florestal no período de 2001 a 2003, avaliando a taxa e extensão das mudanças.



**Foram apresentadas
claramente no texto.**





Problema

Hipótese



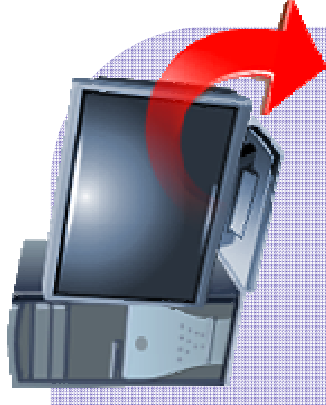
Resultados/
Conclusões

Experimento





Experimento



Pré-processamento

Avaliação de técnicas de detecção de
mudanças

Caracterização da vegetação

Avaliação da mudança de cobertura



Foi aplicado e detalhado
no texto



Validação



Índice Kappa
Levantamento de campo



Sim. Foi realizado.





Problema

Hipótese



Resultados/
Conclusões

Experimento





Problema

Hipótese



Experimento



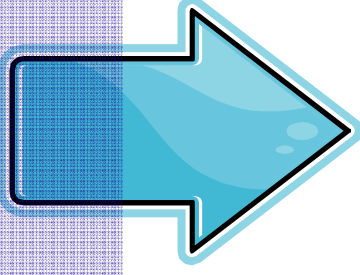
Resultados/
Conclusões



Resultados

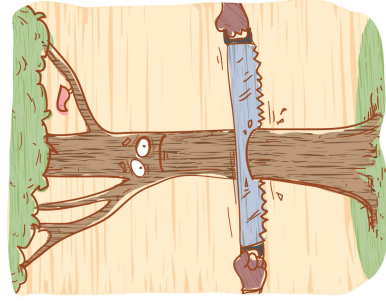
Mapeamento e análise da dinâmica das áreas florestais sob exploração madeireira

TÉCNICAS

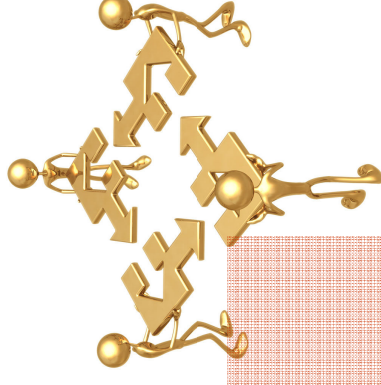


*Rotação Controlada por
Eixo de Não Mudança (RCEN)
Análise do Vetor de Mudança (AVM).*

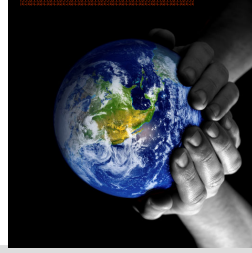
Resultados



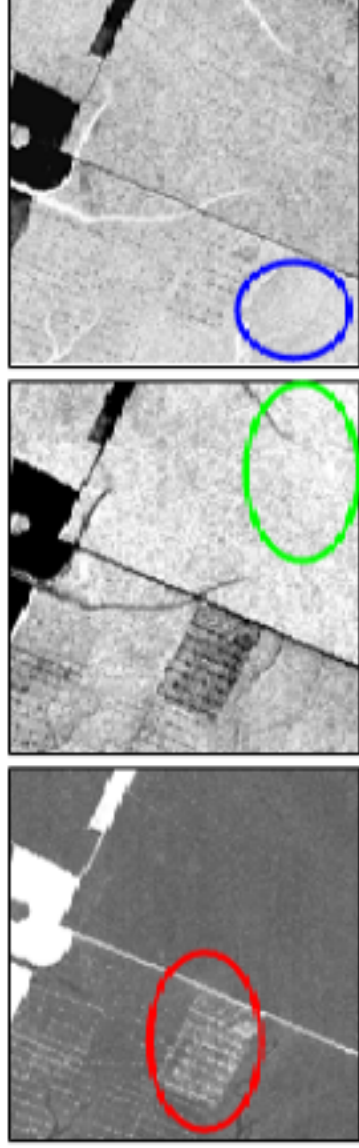
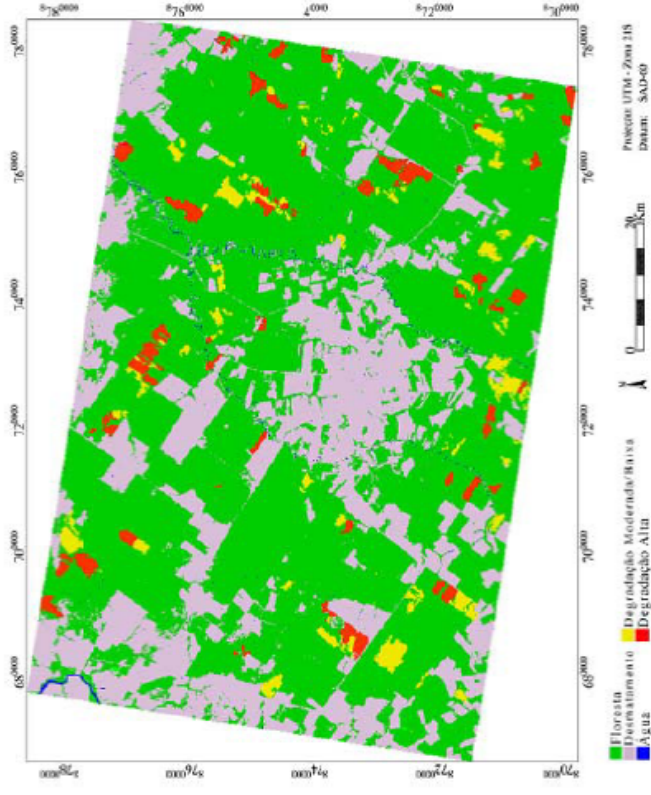
Florestas intervindas pela atividade madeireira representaram mais do que a metade (51%) das áreas de fisionomia florestal no período de 1989 a 2003, com taxas anuais de exploração acima daquelas encontradas para o desmatamento no período de 2001 a 2003.



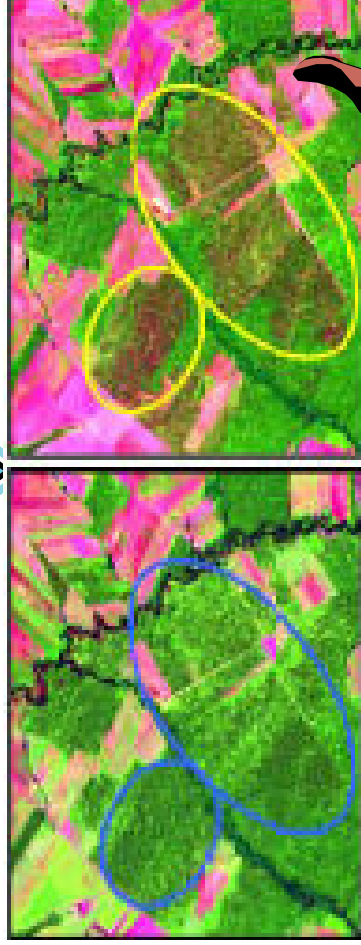
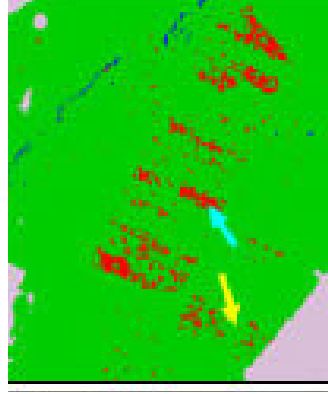
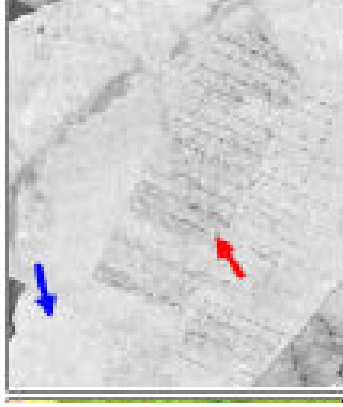
Deteção da Exploração
Madeireira na Amazônia



Resultados



Resultados



Os resultados corroboraram as hipóteses

Pontos positivos

1. Problema pertinente;
2. Boa contextualização;
3. Boa revisão de literatura;
4. Clareza e detalhamento da metodologia;
5. Reprodutibilidade das técnicas e experimento;
6. Descrição da programação
7. Resultados relevantes.



Pontos negativos

1. Estrutura da tese em 8 capítulos;
2. Dificuldade para compreender bem os resultados: 4 capítulos;
3. Conclusão em cada capítulo;
4. Sugestão: apresentar como artigos científicos.



SUMÁRIO

3.3.1.2. Retificação Radiométrica.....	88	3.3.1.2. Retificação Radiométrica.....	88
3.3.1.3. Correção Geométrica.....	92	3.3.1.3. Correção Geométrica.....	92
3.3.1.4. Elaboração da Máscara de "Não-floresta".....	93	3.3.1.4. Elaboração da Máscara de "Não-floresta".....	93
3.3.1.5. Modelo Linear de Mistura Espectral.....	95	3.3.1.5. Modelo Linear de Mistura Espectral.....	95
3.3.2. Técnicas de Detecção de Mudanças para o Mapeamento de Áreas Sob Atividade Madeireira.....	97	3.3.2. Técnicas de Detecção de Mudanças para o Mapeamento de Áreas Sob Atividade Madeireira.....	97
3.3.2.1. Técnica de Detecção por Subtração de Imagens NDVI.....	97	3.3.2.1. Técnica de Detecção por Subtração de Imagens NDVI.....	97
3.3.2.2. Técnica de Rotação Controlada por Eixo de Não Mudança - RCEN.....	101	3.3.2.2. Técnica de Rotação Controlada por Eixo de Não Mudança - RCEN.....	101
3.3.2.2.1. Filtragem Temática do Mapa de Mudanças Resultante da RCEN.....	105	3.3.2.2.1. Filtragem Temática do Mapa de Mudanças Resultante da RCEN.....	105
3.3.2.3. Técnica de Detecção por Análise do Vetor de Mudança.....	112	3.3.2.3. Técnica de Detecção por Análise do Vetor de Mudança.....	112
3.3.2.3.1. Classificação por Crescimento de Regiões Aplicado à AVM.....	116	3.3.2.3.1. Classificação por Crescimento de Regiões Aplicado à AVM.....	116
3.3.3. Avaliação dos Mapeamentos Resultantes das Técnicas de Detecção de Mudanças.....	120	3.3.3. Avaliação dos Mapeamentos Resultantes das Técnicas de Detecção de Mudanças.....	120
3.3.4. Levantamento de Campo.....	125	3.3.4. Levantamento de Campo.....	125
3.3.5. Caracterização Fisionômico-estrutural da Floresta Sob Impacto da Exploração Seletiva de Madeira.....	126	3.3.5. Caracterização Fisionômico-estrutural da Floresta Sob Impacto da Exploração Seletiva de Madeira.....	126
3.3.5.1. Cálculo das Áreas de Clareiras e Danos Causados às Árvores pela Exploração Madeireira.....	128	3.3.5.1. Cálculo das Áreas de Clareiras e Danos Causados às Árvores pela Exploração Madeireira.....	128
3.3.5.2. Estimativa da Fração de Abertura do Dossel.....	130	3.3.5.2. Estimativa da Fração de Abertura do Dossel.....	130
3.3.5.3. Estimativa do Índice de Área Foliar.....	132	3.3.5.3. Estimativa do Índice de Área Foliar.....	132
3.3.5.4. Estimativa da Biomassa Acima do Solo da Floresta, Área Basal e Intensidade de Exploração.....	131	3.3.5.4. Estimativa da Biomassa Acima do Solo da Floresta, Área Basal e Intensidade de Exploração.....	131
3.3.6. Mapeamento de Áreas Afetadas por Incêndios Florestais.....	136	3.3.6. Mapeamento de Áreas Afetadas por Incêndios Florestais.....	136
3.3.7. Dinâmica do Uso do Solo em Áreas de Exploração Madeireira.....	141	3.3.7. Dinâmica do Uso do Solo em Áreas de Exploração Madeireira.....	141
3.3.7.1. Mapa Indicador de Degradação da Floresta Explorada.....	141	3.3.7.1. Mapa Indicador de Degradação da Floresta Explorada.....	141
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO DAS TÉCNICAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....	143	CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO DAS TÉCNICAS DE PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....	143
4.1. Correção Atmosférica pelo Modelo COST.....	143	4.1. Correção Atmosférica pelo Modelo COST.....	143
4.2. Retificação Radiométrica das Imagens.....	144	4.2. Retificação Radiométrica das Imagens.....	144
4.3. Correção Geométrica das Imagens.....	148	4.3. Correção Geométrica das Imagens.....	148
4.4. Modelo Linear de Mistura Espectral.....	149	4.4. Modelo Linear de Mistura Espectral.....	149
4.5. Conclusões e Recomendações.....	153	4.5. Conclusões e Recomendações.....	153
CAPÍTULO 5 - RESULTADO E DISCUSSÃO DAS TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS FLORESTAIS SOB ATIVIDADE MADEIREIRA.....	155	CAPÍTULO 5 - RESULTADO E DISCUSSÃO DAS TÉCNICAS DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS FLORESTAIS SOB ATIVIDADE MADEIREIRA.....	155
5.1. Técnica de Detecção de Mudança por Subtração de Imagens NDVI.....	155	5.1. Técnica de Detecção de Mudança por Subtração de Imagens NDVI.....	155
5.2. Técnica de Detecção de Mudanças pela Rotação Controlada do Eixo de Não Mudança (RCEN).....	159	5.2. Técnica de Detecção de Mudanças pela Rotação Controlada do Eixo de Não Mudança (RCEN).....	159
5.3. Técnica de Análise de Vetor de Mudança a Partir de Imagens Fração Derivadas do MLME.....	164	5.3. Técnica de Análise de Vetor de Mudança a Partir de Imagens Fração Derivadas do MLME.....	164
5.3.1. Classificação por Crescimento de Regiões Aplicado à Técnica AVM.....	169	5.3.1. Classificação por Crescimento de Regiões Aplicado à Técnica AVM.....	169
5.4. Avaliação da Exatidão dos Mapeamentos Resultantes das Técnicas de Detecção de Mudanças.....	173	5.4. Avaliação da Exatidão dos Mapeamentos Resultantes das Técnicas de Detecção de Mudanças.....	173
5.5. Mapeamento de Áreas Afetadas por Incêndios Florestais.....	178	5.5. Mapeamento de Áreas Afetadas por Incêndios Florestais.....	178
5.5.1. Classificação por Crescimento de Regiões Aplicado à Técnica AVM em Áreas de Florestas Afetadas pelo Fogo.....	180	5.5.1. Classificação por Crescimento de Regiões Aplicado à Técnica AVM em Áreas de Florestas Afetadas pelo Fogo.....	180
5.6. Conclusões e Recomendações.....	187	5.6. Conclusões e Recomendações.....	187
CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO DA CARACTERIZAÇÃO FISIONÔMICO-ESTRUTURAL DA FLORESTA SOB IMPACTO DA EXPLORAÇÃO SELETIVA DE MADEIRA.....	191	CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO DA CARACTERIZAÇÃO FISIONÔMICO-ESTRUTURAL DA FLORESTA SOB IMPACTO DA EXPLORAÇÃO SELETIVA DE MADEIRA.....	191
6.1. Análise dos Parâmetros Biofísicos da Estrutura Florestal.....	191	6.1. Análise dos Parâmetros Biofísicos da Estrutura Florestal.....	191
6.2. Número de Espécies Arbóreas Presentes e Espécies Exploradas nas Parcelas de Amostragem.....	197	6.2. Número de Espécies Arbóreas Presentes e Espécies Exploradas nas Parcelas de Amostragem.....	197
6.3. Análise da Estrutura do Dossel em Áreas de Exploração Florestal, a Partir do Índice de Área Foliar (IAF) e da Fração de Abertura do Dossel.....	202	6.3. Análise da Estrutura do Dossel em Áreas de Exploração Florestal, a Partir do Índice de Área Foliar (IAF) e da Fração de Abertura do Dossel.....	202
6.4. Avaliação das Clareiras Originadas pela Exploração Florestal.....	202	6.4. Avaliação das Clareiras Originadas pela Exploração Florestal.....	202
6.5. Avaliação dos Danos Causados às Árvores no Processo de Extração Madeireira.....	205	6.5. Avaliação dos Danos Causados às Árvores no Processo de Extração Madeireira.....	205
6.6. Relação Entre a Fração Solo Derivada do MLME e a Fração de Abertura do Dossel.....	209	6.6. Relação Entre a Fração Solo Derivada do MLME e a Fração de Abertura do Dossel.....	209
6.7. Conclusões e Recomendações.....	211	6.7. Conclusões e Recomendações.....	211
CAPÍTULO 7 - RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MONITORAMENTO E DINÂMICA DO USO DA TERRA EM ÁREAS SOB ATIVIDADE MADEIREIRA E DE FLORESTAS AFETADAS PELO FOGO.....	215	CAPÍTULO 7 - RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MONITORAMENTO E DINÂMICA DO USO DA TERRA EM ÁREAS SOB ATIVIDADE MADEIREIRA E DE FLORESTAS AFETADAS PELO FOGO.....	215
7.1. Extensão das Áreas Afetadas pela exploração Madeireira no Período de 2001 a 2003.....	215	7.1. Extensão das Áreas Afetadas pela exploração Madeireira no Período de 2001 a 2003.....	215
7.2. Extensão das Áreas de Floresta Afetadas pelo Fogo no Período de 1999 a 2003.....	217	7.2. Extensão das Áreas de Floresta Afetadas pelo Fogo no Período de 1999 a 2003.....	217
7.3. Mudanças no Uso e Cobertura da Terra em Áreas de Atividade Madeireira.....	220	7.3. Mudanças no Uso e Cobertura da Terra em Áreas de Atividade Madeireira.....	220
7.4. Quantificação de Áreas Degradadas pela Atividade Madeireira.....	223	7.4. Quantificação de Áreas Degradadas pela Atividade Madeireira.....	223
7.5. Conclusões e Recomendações.....	227	7.5. Conclusões e Recomendações.....	227
CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS.....	229	CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS.....	229
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	233	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	233
APÊNDICE A - PROGRAMA COMPUTACIONAL EM LEGAL - CORREÇÃO ATMOSFÉRICA "COST" - CHAVEZ (1996).....	251	APÊNDICE A - PROGRAMA COMPUTACIONAL EM LEGAL - CORREÇÃO ATMOSFÉRICA "COST" - CHAVEZ (1996).....	251

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS

Pág.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	25
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	31
2.1. Exploração Madeireira na Amazônia.....	31
2.2. Práticas de Manejo Florestal.....	33
2.2.1. Exploração Florestal Convencional.....	33
2.2.2. Exploração Florestal de Impacto Reduzido.....	34
2.3. Impactos Ambientais Associados à Exploração Florestal.....	37
2.4. Comportamento Espectral da Vegetação e do Solo.....	40
2.5. Características Espectrais, Espaciais e Temporais de Áreas de Exploração Florestal Seletiva.....	45
2.6. Índices de Vegetação.....	50
2.7. Processamento Digital de Imagens.....	51
2.7.1. Pré-processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.....	52
2.7.1.1. Correção Atmosférica.....	52
2.7.1.2. Retificação Radiométrica.....	56
2.7.1.3. Correção Geométrica.....	58
2.7.1.4. Modelo Linear de Mistura Espectral.....	60
2.8. Técnicas de Sensoriamento para Detecção de Áreas de Exploração Florestal.....	62
2.8.1. Análise por Componentes Principais.....	65
2.8.1.1. Análise por Componentes Principais Seletivas.....	68
2.8.2. Rotação Controlada por Eixo de Não Mudança - RCEN.....	71
2.8.3. Detecção de Mudança por Subtração de Imagens.....	72
2.8.4. Técnica de Detecção por Análise do Vetor de Mudança.....	73
2.10. Sistema de Informação Geográfica.....	76
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	79
3.1. Descrição e Localização da Área de Estudo.....	79
3.2. Materiais e Equipamentos.....	82
3.2.1. Produtos em Formato Digital.....	83
3.2.3. Material Cartográfico.....	84
3.2.4. Aplicativos Computacionais.....	84
3.3. Metodologia.....	85
3.3.1. Pré-processamento.....	85
3.3.1.1. Correção Atmosférica.....	86

Comunicação com a sociedade científica.

