

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**O ciclo hidrológico no norte do estado do Mato Grosso e sua
relação com o uso do solo em uma perspectiva temporal
(1977-2007): adaptabilidade e vulnerabilidade populacional frente às
mudanças climáticas regionais**

Nathan dos Santos Debortoli

Orientador: Saulo Rodrigues Filho
Co-Orientador: Vincent Dubreuil

Dissertação de Mestrado

Brasília – DF, 15 de dezembro de 2009

Debortoli, Nathan dos Santos

O ciclo hidrológico no norte do estado do Mato Grosso e sua relação com o uso do solo em uma perspectiva temporal (1977-2007): adaptabilidade e vulnerabilidade populacional frente às mudanças climáticas regionais.

Brasília, DF/Nathan dos Santos Debortoli.

Brasília, 2009

173 p. : il

Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

Universidade de Brasília. Brasília.

1. Uso do Solo 2. Mudanças Climáticas. 3. Mato Grosso. I.
Universidade de Brasília.CDS.

II. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Nathan dos Santos Debortoli

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**O ciclo hidrológico no norte do estado do Mato Grosso e sua
relação com o uso do solo em uma perspectiva temporal
(1977-2007): adaptabilidade e vulnerabilidade populacional frente às
mudanças climáticas regionais**

Nathan dos Santos Debortoli

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento sustentável, área de concentração em Políticas Públicas e Gestão Ambiental.

Aprovador por:

Saulo Rodrigues Filho, Doutor (Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS/UnB)
(Orientador)

Thomas Ludewigs, Doutor (Centro de Desenvolvimento Sustentável - CDS/UnB)

Newton Moreira de Souza, Doutor (Departamento de Engenharia Civil e
Ambiental/Geotecnia - UnB)

Brasília-DF, 15 de dezembro de 2009

AGRADECIMENTOS

É uma tarefa difícil elencar todas as pessoas que auxiliaram nesta dissertação de mestrado. Durante as fases do projeto obtive orientações de profissionais e especialistas das mais variadas formações, e das mais distantes regiões do Brasil e do exterior. Primeiramente agradeço ao meu orientador Doutor Saulo Rodrigues Filho, o qual forneceu suporte para o desenvolvimento do tema dissertado por meio da disciplina de mudanças climáticas; assim como seu vasto conhecimento na área de paleoclimatologia e indicadores de sustentabilidade. Agradeço a todos professores doutores do CDS que em diversos momentos foram solícitos nas demandas distintas da dissertação, a qual abarcou diversas áreas do conhecimento. Um agradecimento especial a Donald Sawyer (diálogos sobre o clima no Brasil), Frédérique Mérténs (teia dos sistemas), Vanessa Castro (indicadores de sustentabilidade), Marcel Bursztyń (governança e as políticas públicas), José Drummond (história do meio ambiente e gestão de áreas naturais) e Demétrius Christofidis (Manejo Integrado de Recursos Hídricos). Agradeço também a toda equipe da secretaria do CDS, os quais estiveram sempre atentos auxiliando nos bastidores das aulas, e na organização das viagens e eventos do projeto LUPIS, citando Ana Paula, Antônio, Maurício e William.

Agradeço a toda equipe que participou da viagem de campo do Projeto LUPIS efetuada em 2008, assim como o carinho e a relação de amizade fomentada com os pesquisadores franceses do laboratório COSTEL (Occupation Du Sol et Télédétection) da Universidade de Rennes II da Bretanha Francesa. Um agradecimento especial ao Doutor Vincent Dubreuil que incentivou minhas pesquisas com os dados pluviométricos assim como Vincent Nédélec e Florian Delahaye. Agradeço também aos doutores(as) Laurent Durieux e Frédérique Seyler do IRD, os quais introduziram-me ao sensoriamento remoto do meio ambiente, proporcionando experiências gratificantes no que tange a participação de congressos e cursos voltados a utilização de imagens de satélite.

A aplicação dos diversos softwares de geoprocessamento só foram logrados em tempo hábil pelo auxílio e explicações de Carlos Petrônio, doutorando do programa de Geotecnia da UnB, e do professor Doutor Newton Moreira. Ambos disponibilizaram o espaço do Laboratório de Geotecnia – Cartografia, Geotecnia e Geoprocessamento, propiciando o intercâmbio interdisciplinar tão favorável aos estudos da interdisciplinaridade. Agradeço também a Gislaine Luiz, doutoranda e meteorologista, por nossas conversas sobre o clima; assim como Yumiko Marina, meteorologista do INMET a qual indicou os corretos softwares de homogeneização de dados pluviométricos. Agradeço também as elucidações sobre o método da krigeagem de Balbino Evangelista, pesquisador da Embrapa Cerrados e colega de trabalho de Eduardo Assad, um dos maiores especialistas brasileiros na área de agrometeorologia.

Obrigado pela apoio de todos entrevistados do IBAMA, SEMA, ICV e demais instituições públicas, privadas e não-governamentais do Estado do Mato Grosso, os quais disponibilizaram seu tempo e entusiasmo nas entrevistas. Agradeço também aos participantes mais próximos do Projeto LUPIS como Mariel Støen pesquisadora do centro SUM na Noruega, Le Chen pesquisadora do centro LEI da Holanda, Hannes Konnig do centro ZALF na Alemanha e Diego Lindoso doutorando do CDS.

Por fim agradeço aos meus pais Carlos e Shirlei Debortoli, meu irmão David Debortoli, e Silvia Regina Santos, pelo apoio e suporte emocional mesmo que distantes. Agradeço aos amigos pelos momentos de alegria e incentivo durante as pesquisas. Um obrigado especial a Timóteo Rodovalho, funcionário da ANA o qual me concedeu a oportunidade de conhecer a então Ministra do Meio Ambiente em 2007, Marina Silva. A cosmovisão da ex-ministra foi fonte inspiradora para o trabalho, assim como é para tantos profissionais da área ambiental no Brasil.

Agradeço também a Deus a oportunidade de tratar de tema tão relevante para o meio ambiente e o nosso futuro comum.

Sementes que não soubemos cultivar
A tez terrosa, a forma de se manter ao equilíbrio onde quer que se esteja
perfeitamente segura de seus atos e manuseios
direciona as correntes, e resguarda todas as dores e mágoas dos que vivem aos seus cuidados
mas que nem sempre respeitam sua bondade.
As mãos alheias destorcem sua evolução, a fecunda de sementes estrangeiras
tornam-na falsa e sem vida, destruindo a verdadeira natureza de sua originalidade.
Ao plantarmos raízes benevolentes em solos clandestinos, alteramos nossa
breve passagem de um lugar para outro, mas para isso, somos todos inocentes...
pois nunca poderemos entender a perfeição de suas obras.
(autor desconhecido)

RESUMO

As mudanças climáticas antrópicas ainda pouco compreendidas causam alterações nos regimes atmosféricos globais, levando diversos países a enfrentar problemas sociais, ambientais e econômicos. O Brasil, grande exportador de grãos e fortemente dependente da agricultura, poderá sofrer perdas significativas em suas áreas de produção, com o aumento das temperaturas e o decréscimo das precipitações. Nos últimos vinte anos, a política fundiária e as iniciativas privadas no estado do Mato Grosso têm convertido a cobertura florestal de seu território para diversas culturas e atividades agrícolas. Essas modificações podem trazer conseqüências no ciclo hidrológico em escala local, regional e global. O estudo das séries históricas de dados pluviométricos dos últimos 30 anos, aliado às interpretações de imagens de satélite quanto as mudanças do uso da terra, é de grande importância para verificar as tendências das precipitações em áreas altamente antropizadas, como o caso da rodovia BR-163 no norte do estado do Mato Grosso. A análise da pesquisa limita-se a comparação de uma área controle – região pouco desmatada ou alterada - no noroeste do Estado do Mato Grosso, e uma área antropizada pela frente pioneira, ao norte da BR-163 também no estado do Mato Grosso. Com o cruzamento dos dados de uso do solo (índice NDVI de vegetação) e de precipitações (estações pluviométricas nas regiões citadas) por meio de ferramentas de geoprocessamento (imagens LANDSAT 1977, 1987, 1997, 2007) e geoestatística, métodos interpoladores (Inverso Ponderado da Distancia – IDW e Krigeagem ordinária), são analisadas as tendências dos últimos 30 anos do ciclo hidrológico no norte do estado. Destarte essa informação se torna crucial no entendimento das inter-relações do uso do solo com o clima regional e local, assim como suas conseqüências para a sustentabilidade (econômica, social e ambiental) no estado.

Palavras-chave : uso do solo, mudanças climáticas, ciclo hidrológico, adaptabilidade, vulnerabilidade, Mato Grosso.

ABSTRACT

Anthropogenic climate change still poorly understood cause changes in global weather systems, leading several countries to cope with social, environmental and economic issues. Brazil a major exporter of grains and heavily dependent on agriculture may suffer significant losses in areas of production, with increasing temperature and decrease in rainfall rates. In the last twenty years the land policy and private initiatives in the Brazilian state of Mato Grosso have converted forest into several crops and agricultural activities. These changes could cause severe consequences to the hydrological cycle at local, regional and global level. The study of historical rainfall data for the past 30 years, concurrently with interpretations of satellite imagery as well as changes of land use, is of great importance to confirm the trends of precipitation in areas highly affected by anthropogenic activities, as the case of BR - 163 in the state of Mato Grosso. The analysis of the research is limited to a comparison of a control area (non deforested) in the northwestern part of Mato Grosso, with a pioneer front area (deforested with intense land use) in the north portion of BR-163 in Mato Grosso. With the crossing of land use data NDVI (vegetation index), deforestation and meteorological stations (rainfall) by remote sensing tools and geo-statistics methods (LANDSAT images from 1977, 1987, 1997, 2007)(IDW and Ordinary Kriging) the 30 years range of hydrological cycle in the northern state is addressed. Therefore, this information is crucial to understand the interrelationship of land use with regional climate and its consequences for the four pillars of sustainable development.

Keywords: land use, climate change, hydrological cycle, adaptability, vulnerability, Mato Grosso.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

| | |
|--|----|
| Fotografia 1 Cultivo de Algodão ao longo da BR-163 próximo ao município de Sorriso (MT). | 53 |
| Fotografia 2 Milheto, soja e Área de reserva legal próximo ao município de Sorriso (MT). | 53 |
| Fotografia 3 Paisagem antes coberta por Floresta Mesófila, agora solo exposto à espera do cultivo da soja, às margens da BR-163 no município de Sorriso (MT). | 54 |
| Fotografia 4 Vista da fronteira entre a Floresta e Campo de pastagens no município de Sorriso (MT). | 54 |
| Fotografia 5 Multinacional as margens da BR-163 sentido trajeto de Cuiabá/Sorriso (MT). | 55 |
| Fotografia 6 Empresa Bunge em Sorriso (MT). | 55 |
| Fotografia 7 Floresta sendo queimada em fazenda particular na divisa dos municípios de Feliz Natal e Nova Ubiratã (MT). | 57 |
| Fotografia 8 Aspecto da Floresta após desmate e queima Nova Ubiratã (MT). | 58 |
| Fotografia 9 Assentamento de Sem Terras ao longo da BR-163 de Sinop a Guarantã do Norte (MT). | 58 |
| Fotografia 10 Assentamento de sem terras ao longo da BR-163 de Sinop a Guarantã do Norte (MT). | 59 |
| Fotografia 11 Estrada não pavimentada de acesso a Alta Floresta – comunidade de Novo Mundo (MT). | 60 |
| Fotografia 12 Paineira milenar em reserva próxima a Alta Floresta (MT). | 60 |
| Fotografia 13 Pecuária Extensiva – Região de Guarantã do Norte caminho não pavimentado para Alta Floresta (MT). | 60 |
| Fotografia 14 Tipo de paisagem onde foram adquiridos os pontos de GPS na divisão de lotes das propriedades rurais, e a análise da paisagem na comunidade de Ouro Verde, Alta Floresta (MT). | 62 |
| Fotografia 15 Coleta de dados de estação meteorológica, fazenda em Alta Floresta (MT). | 62 |
| Fotografia 16 Estação meteorológica em propriedade rural em Alta Floresta (MT). | 63 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|-----|
| Ilustração 1 Projeções das precipitações de acordo com os diferentes cenários de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. O gráfico representa a parte Central do Brasil. Se comparado às demais regiões do trabalho de Siqueira et al (2000), esta é a que apresenta a menor variabilidade. Siquiera et al. (2000)..... | 43 |
| Ilustração 2 Projeções das temperaturas de acordo com os diferentes cenários de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. O gráfico representa a parte Central do Brasil. Se comparado às demais regiões do trabalho de Siqueira et al (2000), esta é a que apresenta a menor variabilidade. Siquiera et al. (2000)..... | 44 |
| Ilustração 3 Organograma de relações causais na área de conflito da BR-163 no Norte do Mato Grosso. Na legenda explícito na cores e formas das figuras, as respectivas dimensões da sustentabilidade. | 51 |
| Ilustração 4 Classificação Climática de Köppen Geiger (Peel et al. 2007), No quadro em preto a área do estudo de caso. Ver quadro 4 para detalhes de classificação do clima Amazônico. Nas duas tonalidades mais claras em azul os climas Am e Aw..... | 68 |
| Ilustração 5 Movimentação da ZCIT durante as estações do ano. O período de Janeiro sendo o mais ativo na parte central e sul da Amazônia Brasileira. Em inglês ITCZ. Fonte : dec 13, 2006 - Own work. Based on Image:ZICT en janvier.jpg, Image:ZICT en juillet.jpg, and Image:BlankMap-World.png. Autor : Mats Halldin Permissão : (Reutilizando esta imagem) GFDL, CC-BY, PD/http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:ITCZ_january-july.png | 70 |
| Ilustração 6 Aerossóis em Alta Floresta entre 1992 e 1996 – Mato Grosso, Brasil. Fonte : Artaxo (2003). | 77 |
| Ilustração 7 Bomba de Sução Biótica. Fonte: Sheil e Murdiyarso, 2009. | 83 |
| Ilustração 8 Totais pluviométricos de longo período na sub-bacia 15 (Madeira) da bacia Amazônica. Fonte : ANA (Agência Nacional de Águas). 2009. | 89 |
| Ilustração 9 Totais pluviométricos de longo período na sub-bacia 17 (Tapajós) da bacia Amazônica. Fonte : ANA (Agência Nacional de Águas). 2009. | 90 |
| Ilustração 11 Imagens geradas pelo satélite Alos (Foto: Sipam/Divulgação)..... | 109 |
| Ilustração 12 A) Degradação de intensidade moderada, área em regeneração após exploração madeireira, pátios ainda evidentes; B) Degradação de intensidade alta, exploração madeireira ativa, grande proporção de solo exposto; C) Degradação de intensidade leve, evidência de abertura de estradas de acesso. Fonte : INPE, 2009. | 110 |

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 Tendências das temperaturas no norte de Mato Grosso (2001-2050) por meio da extrapolação de dados do Tyndell Center pela média dos índices regionais dos modelos do INPE (Eta / CPTEC / CPTEC, RegCM3 e HadRM3P), tendo como base a médias de 1961-1990 para o Norte de Mato Grosso (32,5 ° C) Fonte: INPE, (2007, IPCC, (2001)..... 23
- Gráfico 2 Tendências da precipitação para o Norte de Mato Grosso referente à primeira metade do século XXI (2001-2050) pelos dados do INPE, bem como do Centro de Investigação Tyndell Center, como base de dados de precipitação média dos índices de 1961-1990 Fonte: (INMET, 2008 e IPCC, 2001)..... 23
- Gráfico 3 Média de 6 estações pluviométricas para o município de Alta Floresta (MT) em mm, em um período de 32 anos, verifica-se uma diminuição das chuvas ao longo do tempo, contudo, há uma grande variabilidade durante as 3 décadas. Linha escura: tendência linear Fonte : ANA (Agência Nacional de Águas), software Hidroweb, 2009. 26
- Gráfico 4 Total do número de dias com chuva (dias), ao longo do eixo y decenal período (anos) eixo x, das seis estações meteorológicas localizadas no município de Alta Floresta - Mato Grosso, Brasil. Linha escura: tendência linear. Fonte: Hidroweb ANA (Agência Nacional de Águas), 2009. 26
- Gráfico 5 Dados da Estação 954001. Verifica-se as anomalias nos dados dos períodos entre 1990 e 2000, e 2000 e 2008. 94
- Gráfico 6 Dados da Estação 954001. Dados normalizados e homogêneos pelo software RHtestV3. 94
- Gráfico 7 Uso do solo vs. isoeitas de Chuva - Norte do Mato Grosso – MT – No gráfico os dados da área em Km² e %, também o cruzamento com os dados de chuvas em milímetros conforme as isoeitas do método IDW. Áreas preservadas e desmatadas. (Amostragem)..... 121
- Gráfico 8 Gráfico gerado por meio dos dados de geoprocessamento e classificação de áreas preservadas e desmatadas do estudo de caso do Norte do Mato Grosso. Para o período de 1977 até 2007. Notar diferença entre satélite LANDSAT 2 e LANDSAT 5 no tocante a área total de 1977 para 1987. 135
- Gráfico 9 - Uso do solo vs. isoeitas de Chuva - Norte do Mato Grosso – MT – No gráfico os dados da área em Km² e %, também o cruzamento com os dados de chuvas em milímetros conforme as isoeitas do método IDW. Áreas preservadas e desmatadas. 139

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 - Estação meteorológicas do Município de Alta Floresta (MT), *Dados cedidos pelo projeto DURAMAZ. Fonte : Hidroweb, ANA (Agência Nacional de Águas, 2009). | 25 |
| Quadro 2 Exemplos de impactos possíveis de mudanças climáticas devido a mudanças extremas no tempo e nos eventos climáticos, baseado em projeções para a metade e final do século 21. Elas não levam em conta nenhuma mudança no desenvolvimento/tecnologia ou na capacidade de adaptação da sociedade. Fonte : IPCC WG II (2007). | 33 |
| Quadro 3 Representação esquemática do sistema proposto por Pellegrino et al. (2007) contemplando a integração de diversos sistemas, como o input de dados até os processos decisórios referentes aos resultados encontrados na modelagem agroclimática. | 46 |
| Quadro 4 Climas Amazônicos conforme classificação de Köppen. Fonte : Mcknight e Darrel, 2000. | 69 |
| Quadro 5 Estações utilizadas no estudo de caso no norte do Mato Grosso. As colunas são auto-explicativas. | 91 |
| Quadro 6 Estações Pluviométricas em áreas preservadas e desmatadas do norte do MT. Análise de acréscimo ou decréscimo de precipitações conforme resultados estatísticos do programa RCLIMDEX 1.0 para áreas preservadas e desmatadas. | 98 |
| Quadro 7 - Estações Pluviométricas na Amazônia período (1960-2007). | 99 |
| Quadro 8 – Tendência de mudança anual de chuvas para o Brasil (1961-2008) Janeiro-Dezembro. | 103 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|--|-----|
| Mapa 1 Regiões do Mato Grosso e área de estudo (contorno em vermelho). Fonte : SEPLAN MT (2007). | 18 |
| Mapa 2 Estações pluviométricas do Estado do Mato Grosso e o perímetro da area de pesquisa em vermelho. Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas), 2009. | 20 |
| Mapa 3 Anomalias de precipitação (mm / dia) na Amazônia brasileira, considerando o cenário A2 (esquerda) e B2 (direita), cenário de TAR índices obtidos a partir da média dos três modelos regionais do INPE (Eta / CPTEC / CPTEC, RegCM3 e HadRM3P) para o período de 2071-2100, em relação com a média dos índices 1961-1990. Observe a tendência de diminuição da precipitação no norte do Estado de Mato Grosso (realizada no interior do retângulo verde). As projeções representam a média aritmética dos cenários produzidos pelos modelos regionais Eta / CPTEC / CPTEC. RegCM3 e HadRM3P (50 km de resolução). Fonte: Inpe 2007 e IPCC 2001. | 24 |
| Mapa 4 Anomalias de temperatura (para a América do Sul, período 2071-2100 em relação a 1961-1990, para os cenários do IPCC A2 (pessimista) e IPCC B2 (otimista). As projeções representam a média aritmética produzida pelo modelo regional Eta / CPTEC / CPTEC. RegCM3 e HadRM3P (50 km de resolução). Fonte: Inpe 2007 e IPCC 200. | 24 |
| Mapa 5 Áreas propícias para o plantio da soja, apontando respectivamente condições de temperatura com aumento de 3 graus centígrados. Probabilidade do cultivo se adaptar a região..... | 41 |
| Mapa 6 Áreas propícias para o plantio de soja, apontando respectivamente condições de temperatura com aumento de 5,8 graus Centígrados ISNA – Probabilidade do cultivo se adaptar a região. . | 42 |
| Mapa 7 Rios voadores em ação na figura, observa-se a direção das flechas para o interior do continente, e seu direcionamento sendo modificado pela cordilheira andina, direcionando os ventos para o sul da América do Sul (levando a umidade). Fonte: CPTEC/INPE, 2009. | 72 |
| Mapa 8 Focos de calor no ano de 2008 para o Brasil. Fonte : INPE (2009). | 75 |
| Mapa 9 Mapa das estações meteorológicas no Norte do Mato Grosso com a divisão das subacias dentro da bacia Amazônica. Notar o posicionamento geográfico das mesmas conforme o município, disponível na tabela acima. Fonte : ANA (Agência Nacional de Águas, Hidroweb (2009). | 91 |
| Mapa 10 Amostragem das estações pluviométricas selecionadas para o estudo de caso. | 92 |
| Mapa 11 Uso do Solo na BR-163 ao Norte do Mato Grosso no ano de 1987. Áreas em verde (floresta) áreas em vermelho (desmatamento), corpos hídricos em azul e linhas finas em azul naval a malha viária | 114 |
| Mapa 12 Uso do Solo na BR-163 ao Norte do Mato Grosso no ano de 1997. Áreas em verde (floresta) áreas em vermelho (desmatamento), corpos hídricos em azul e linhas finas em azul naval a malha viária | 115 |
| Mapa 13 Uso do Solo na BR-163 ao Norte do Mato Grosso no ano de 2007. Áreas em verde (floresta) áreas em vermelho (desmatamento), corpos hídricos em azul e linhas finas em azul naval a malha viária. | 116 |
| Mapa 14 Carta de Isoeitas para o ano de 1987 no MT ao long da BR-163. As cores indicam a quantidade de milímetros de chuva. Em linhas azuis a rede hidrográfica e em azul naval a malha viária..... | 118 |
| Mapa 15 Carta de Isoeitas para o ano de 1997 no MT ao long da BR-163. As cores indicam a quantidade de milímetros de chuva. Em linhas azuis a rede hidrográfica e em azul naval a malha viária..... | 119 |

Mapa 16 Carta de Isoeitas para o ano de 2007 no MT ao long da BR-163. As cores indicam a quantidade de milímetros de chuva. Em linhas azuis a rede hidrográfica e em azul naval a malha viária..... 120

LISTA DE IMAGENS DE SATÉLITE, GEOPROCESSAMENTO, E DO MÉTODO IDW (INVERSO PONDERADO DA DISTÂNCIA)

| | |
|--|-----|
| Imagem de Satélite 2 LANDSAT 2. Conjunto de cenas para o ano de 1977. | 126 |
| Imagem de Satélite 3 LANDSAT 5. Conjunto de cenas para o ano de 1987. | 127 |
| Imagem de Satélite 4 LANDSAT 5. Conjunto de cenas para o ano de 1997. | 128 |
| Imagem de Satélite 5 LANDSAT 5. Conjunto de cenas para o ano de 2007. | 129 |
| Imagem de Satélite 6 Classificação do uso do solo no ano de 1977. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro. | 130 |
| Imagem de Satélite 7 Classificação uso do solo de 1987. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro. | 132 |
| Imagem de Satélite 8 - Classificação uso do solo 1997. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro. | 133 |
| Imagem de Satélite 9 Classificação do uso do solo 2007. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro. | 134 |
| Imagem de Satélite 12 Isoeitas de chuva em mm. Ano de 1987. Em azul naval a malha viária (BR-163, demais rodovias), e em azul claro a hidrografia. Em preto os pontos amostrais das estações meteorológicas. A escala na legenda lista os totais em milímetros das precipitações. | 136 |
| Imagem de Satélite 10 Isoeitas de chuva em mm. Ano de 1997. Em azul naval a malha viária (BR-163, demais rodovias), , e em azul claro a hidrografia. Em preto os pontos amostrais das estações meteorológicas. A escala na legenda lista os totais em milímetros das precipitações. | 137 |
| Imagem de Satélite 11 Isoeitas de chuva em mm. Ano de 2007. Em azul naval a malha viária (BR-163, demais rodovias), e em azul claro a hidrografia. Em preto os pontos amostrais das estações meteorológicas. A escala na legenda lista os totais em milímetros das precipitações. | 138 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALOS - Advanced Land Observing Satellite
ANA – Agência Nacional de Águas
BR-163 – Rodovia Federal que cruza (sul-norte) o estado do Mato Grosso na sua porção Leste.
CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CBL – Camada Limite Convectiva
CLIMERH – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CO2 – Gás Carbônico
CPETEC – Centro de Previsão do tempo e estudos climáticos
DETER – Detecção de Desmatamento em Tempo Real
DJF – Dezembro, Janeiro e Fevereiro
DS – Desenvolvimento Sustentável
ECMWF - European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS – Fenômeno El Niño
GT – Grupo de Trabalho (temático)
IAF – Índice de área foliar
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INDICAR - Sistema Indicador de desmatamento por imagens de radar de monitoramento ambiental
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
IPEA – Instituto de pesquisa Econômica e Aplicada
ISCCP - International Satellite Cloud Climatology Project
ITCZ/ZCIT – Zona de Convergência Intertropical
LBA – Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia
LEI – Instituto de Pesquisa em Agricultura e Economia na Holanda
LNSO – Fenômeno La Niña
LUPIS – Land use policies and sustainable development in developing countries
MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MM – Milímetros
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MODIS - Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer
MT- Mato Grosso
NCN – Núcleo de Condensação de Nuvens
NDVI – Índice de Vegetação por diferença normalizada
NPP – Produtividade Primária Líquida
PALSAR - Radar imageador de abertura sintética que opera na banda L
PNMC – Plano Nacional de Mudanças Climáticas
PRCP – Precipitação
PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite
SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Mato Grosso
SIPAM – Sistema de Proteção da Amazônia
SPRING - Sistema de Informações Geográficas
TI – Terras indígenas

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| INTRODUÇÃO | 17 |
| PARTE I | 21 |
| 1. AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS, OS IMPACTOS DO USO DO SOLO E O DIÁLOGO DA SUSTENTABILIDADE..... | 21 |
| 1.1 O QUADRO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS..... | 21 |
| 1.2 O DIÁLOGO DA SUSTENTABILIDADE..... | 28 |
| 1.3 ADAPTABILIDADE E VULNERABILIDADE POPULACIONAL FRENTE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS..... | 30 |
| 1.4 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A AGRICULTURA..... | 39 |
| PARTE II | 48 |
| 2. O ESTADO DO MATO GROSSO E A BR-163..... | 48 |
| 2.1 RELATO: BR-163 GESTÃO PÚBLICA E ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS..... | 52 |
| PARTE III | 68 |
| 3. O SISTEMA CLIMÁTICO E AS PRECIPITAÇÕES NA AMAZÔNIA BRASILEIRA..... | 68 |
| 3.1 O CLIMA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA..... | 68 |
| 3.2 O CICLO HIDROLÓGICO E AS PRECIPITAÇÕES NA FLORESTA AMAZÔNICA COMO A FLORESTA PRODUZ AS CHUVAS?..... | 74 |
| 3.3 OS MECANISMOS DE INTERAÇÃO DA ATMOSFERA COM A SUPERFÍCIE DO SOLO (FLORESTAS, PASTAGENS E SOLO EXPOSTO)..... | 78 |
| PARTE IV | 89 |
| 4. AS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DO NORTE MATOGROSSENSE, O GEOPROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE: LANDSAT 2 E 5 PARA OS PERÍODOS DECENAIAS DE 1977, 1987, 1997 E 2007 E A APLICAÇÃO DO MÉTODO DO INVERSO PONDERADO DA DISTÂNCIA (IDW) PARA A ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS..... | 89 |
| 4.1 AS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DO NORTE MATOGROSSENSE..... | 89 |
| 4.2 AS IMAGENS DE SATÉLITE, O GEOPROCESSAMENTO DOS DADOS DO USO DO SOLO E OS MÉTODOS INTERPOLADORES..... | 104 |
| 4.3 O PROCESSAMENTO DAS IMAGENS E OS MÉTODOS INTERPOLADORES..... | 111 |
| 4.4 ESTUDO FINAL PÓS-AMOSTRAGEM. UTILIZAÇÃO DO MÉTODO IDW (INVERSO PONDERADO DA DISTÂNCIA) E O MÉTODO DA KRIGEAGEM ORDINÁRIA..... | 122 |
| 4.5 RELAÇÕES ENTRE DESMATAMENTO E VARIAÇÕES DE TEMPERATURA..... | 141 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 143 |
| REFERÊNCIAS | 147 |
| ANEXO I | 156 |
| ANEXO II | 171 |

INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação mundial frente às mudanças climáticas e o foco na preservação dos recursos ambientais, um número crescente de países vêm adotando iniciativas que almejam o desenvolvimento sustentável. É pertinente que estudos regionais e pontuais referentes às susceptibilidades regionais frente à câmbios drásticos em ecossistemas sejam melhor compreendidos e relacionados de forma transversal com os aspectos sociais, políticos e econômicos característicos e inerentes de diferentes regiões do mundo. Deste modo, é dado destaque às mudanças na superfície do solo, seja por meio da agricultura ou desmatamento, que podem trazer conseqüências negativas ao sistema climático (e.g. escassez de chuvas, aumento das temperaturas) (DUBREUIL, 2009; FEARNSSIDE, 1995), ocasionando uma necessidade de adaptação das sociedades frente às crescentes vulnerabilidades decorrentes de seus efeitos antrópicos no clima, ainda pouco compreendidos pela ciência.

Esta pesquisa visou estudar e entender a ocupação e o uso do solo, e suas influências no ciclo hidrológico em áreas do bioma da Floresta Amazônica no Norte do Estado Brasileiro do Mato Grosso. Duas áreas distintas foram tratadas, uma preservada, chamada de área controle, e outra antropizada. Verificou-se a existência de mudanças nos padrões pluviométricos decorrentes do uso do solo em uma perspectiva regional e local. A área controle conservada situa-se no Noroeste do Estado do Mato Grosso, onde há um mosaico de áreas de preservação (Unidades de Conservação de diversas categorias e Terras Indígenas), e as atividades humanas não causaram impactos significativos no bioma. A área antropizada situa-se na região da BR-163, que vem sofrendo intensa modificação da paisagem por meio de diversas atividades de uso do solo e.g. desmatamento, agricultura, urbanização, reforma agrária, mineração.

Como hipótese de pesquisa, admiti-se que seja possível observar alterações no ciclo hidrológico regional, as quais podem ser parcialmente atribuídas às mudanças do uso da terra.

A partir da análise temporal de três décadas, por meio de 64 imagens MSS e TM respectivas dos satélites LANDSAT 2 e 5 para os anos 1977, 1987, 1997 e 2007 – são analisados e operados dados de solo exposto e floresta por meio do índice de vegetação normalizado NDVI¹ e de precipitações (com base em dados de 30 estações pluviométricas do Norte e Noroeste do Estado do Mato Grosso, tratadas por meio de métodos

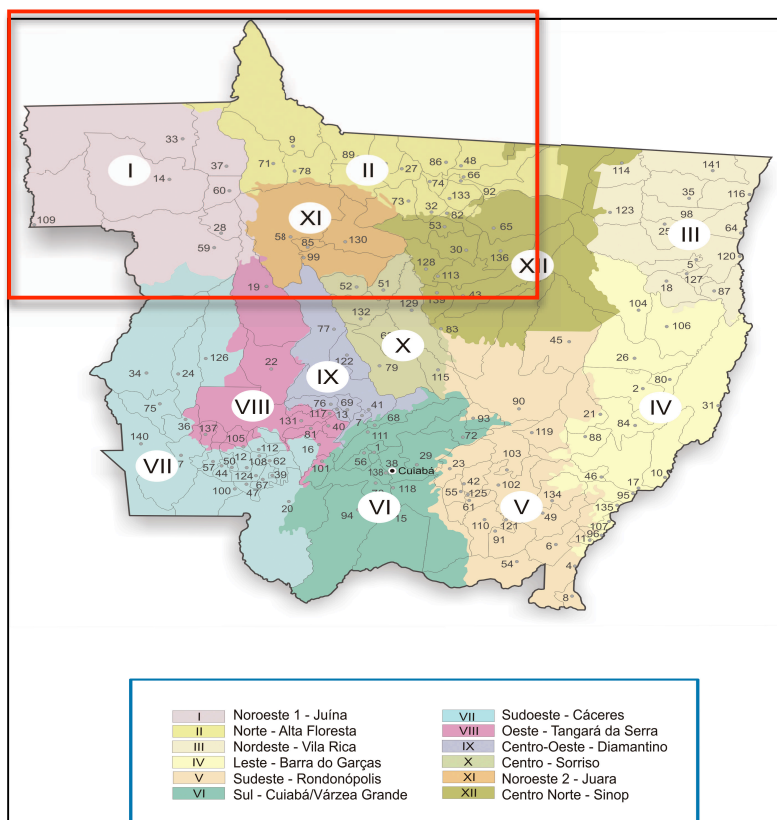
¹ Ferramenta utilizada no sensoriamento remoto de imagens para classificação de áreas com ou sem vegetação.

interpoladores de geoestatística). O período de análise foi dividido em três décadas, seguindo respectivamente a temporalidade das imagens.

A partir de operações cartográficas das imagens de satélites, do índice de NDVI, e das séries históricas pluviométricas, obtidas nas estações meteorológicas do Norte Central (BR-163) e Noroeste do Estado do Mato Grosso, foi aplicado o método da krigeagem ordinária² e do Inverso ponderado da distância – IDW, para o mapeamento das chuvas no Norte do Estado. Esse mapeamento foi tabulado com os dados de desmatamento, propiciando uma representação mais realista do panorama do uso do solo, e sua possível correlação com o clima local e regional. A pesquisa buscou como objetivo identificar potenciais sinergias existentes entre o uso do solo e as mudanças regionais e locais das precipitações durante o período citado.

No mapa 1, visualiza-se o Estado do Mato Grosso com suas respectivas regiões conforme anuário estadual de 2007. As regiões estudadas são as de número I, II, VII, VIII, IX, X, XI e XII. A área I, e o oeste e norte da área II contemplam a área controle, e o oeste da área XII, e leste da área II, as regiões mais antropizadas. No retângulo em vermelho a área de abrangência da pesquisa.

Como objetivos específicos buscou-se (a) analisar, caracterizar e entender a dinâmica e as tendências climáticas



Mapa 1 Regiões do Mato Grosso e área de estudo (contorno em vermelho). Fonte : SEPLAN MT (2007).

regionais, e o papel da floresta Amazônica no ciclo atmosférico-hidrológico ; (b) analisar as séries históricas de precipitação dos últimos 30 anos e imagens de satélite do uso do solo para fomentar o entendimento da relação do ciclo hidrológico com o desmatamento; (c) criar mapas classificados por meio de ferramentas de sensoriamento remoto, para confrontar os

² Método de geoestatística utilizado para mapeamentos geológicos, de solos, hidrológico, atmosférico e outros campos correlatos.

dados climatológicos e de desmatamento, verificando a existência ou não de uma tendência positiva ou negativa regional no decréscimo ou acréscimo das precipitações; (d) analisar e identificar as políticas de adaptação e vulnerabilidade às alterações climáticas dos diversos atores sociais nas áreas de influência da BR-163, relacionados à dinâmica do ciclo hidrológico (e) identificar alternativas sustentáveis de uso e ocupação do solo presentes no estado do Mato Grosso, e analisar se elas contemplam fatores relacionados a uma perspectiva ecológica que atue nas mudanças do ciclo hidrológico.

A pesquisa das estações meteorológicas foi efetuada na região norte da BR-163 e na região Noroeste Mato-Grossense (área controle mais preservada), ambas áreas no domínio de Floresta Amazônica. Os municípios ou regiões escolhidos são os que têm estações meteorológicas mais antigas e em pleno funcionamento. As áreas estudadas estão em franco processo de conversão para agricultura e desmatamento (BR-163), e as áreas intactas do noroeste do Estado não apresentam uma modificação substancial da paisagem original de floresta.

Atualmente o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e o CPTEC (Centro de Pesquisa e Tecnologia) participam do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), que inclui linhas de pesquisa associadas ao sistema físico-climático, e mudanças do uso da terra e da cobertura vegetal. O projeto conta com bases em diversas localidades, incluindo o Estado do Mato Grosso, além de torres meteorológicas situados em vários pontos da Amazônia. Mais de 300 teses de mestrado e doutorado relacionadas a mudanças no solo e dados climáticos que foram efetuadas ou estão em andamento sob o guarda-chuva do LBA, o que propicia vasta rede de informações para consulta de modelos e base de dados disponíveis do projeto. A ANA (Agência Nacional de águas) conta com diversas estações pluviométricas e softwares como o HidroWeb, que geram dados pertinentes à área de influência ao longo da rodovia BR-163 e do Noroeste Mato Grossense.

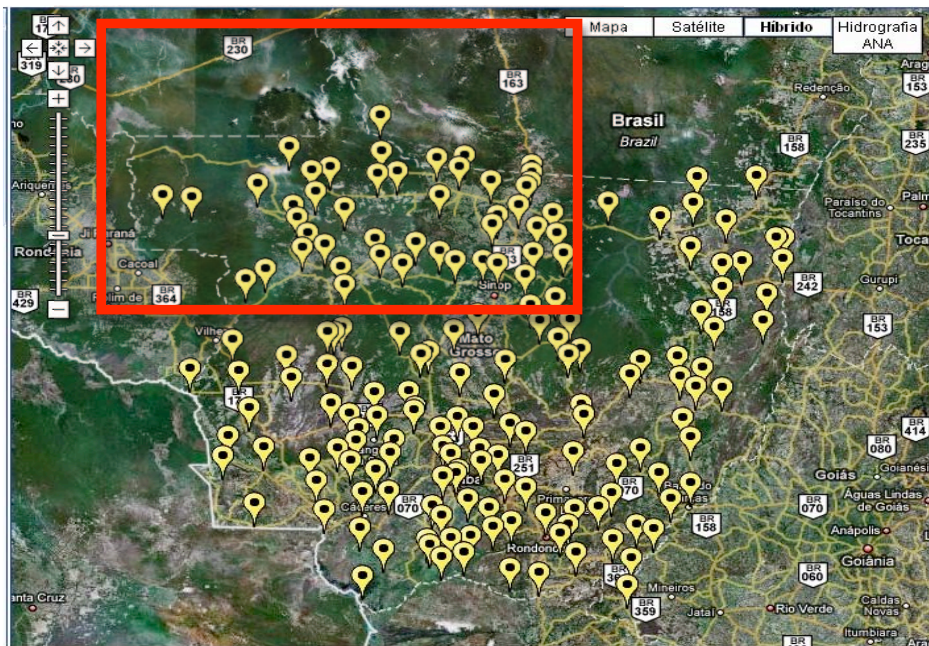
Os dados utilizados têm caráter quantitativo e qualitativo. São proporcionados por material teórico e documental como: livros, publicações em periódicos, dissertações de mestrado e doutorado, revistas científicas, artigos científicos, dados provenientes de estações meteorológicas locais e automáticas no Estado do Mato Grosso próximas a BR-163, geoprocessamento de imagens de satélites, gráficos de estações climatológicas e arquivos meteorológicos de interesse específico da pesquisa (dados pluviométricos). Também foram utilizados programas como o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) para o tratamento dos dados das séries históricas pluviométricas e do desmatamento.

Quanto aos procedimentos metodológicos a pesquisa é do tipo exploratório descritivo e explicativa (registros, análises e interpretação de causas e dados). Quanto aos meios da

investigação, foi utilizada a pesquisa de campo, a investigação documental, a análise de imagens de satélite e estações meteorológicas, e a pesquisa bibliográficas.

Os dados secundários estão disponíveis em órgãos públicos, agências nacionais ou programas de pesquisa, como a ANA (Agência Nacional de Águas), o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), o CPTEC (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos), o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), IPEA (Instituto de Pesquisa Aplicada), LBA (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia), entre outros, portadores de dados da região além de ONGS locais.

Existem ao redor de 517 estações meteorológicas no MT com periodicidade de dados disponível entre 30 anos (dados mensais) e acima deste valor. Os dados de desmatamento estão disponíveis no INPE. Os dados de agricultura podem ser encontrados no IBGE e na EMBRAPA. Com as imagens dos satélites será possível analisar os dados e tratá-los nos sistemas de sensoriamento remoto efetuando operações cartográficas para verificação das possíveis tendências e transversalidade.



Mapa 2 Estações pluviométricas do Estado do Mato Grosso e o perímetro da área de pesquisa em vermelho.

Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas), 2009.

PARTE I

1 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS, OS IMPACTOS DO USO DO SOLO E O DIÁLOGO DA SUSTENTABILIDADE

1.1 O QUADRO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O aumento da população mundial, a insegurança do modelo de mercado neoliberal devido as recorrentes crises econômicas e sua inviabilidade a longo prazo, a escassez dos recursos não renováveis, a falta de alimentos, e as variações climáticas decorrentes das atividades humanas, criam um mosaico de incertezas quanto ao futuro da civilização pós-moderna. É um momento de quebra de paradigmas de uma sociedade desenvolvimentista para uma sociedade mais sustentável do ponto de vista ambiental; há uma súbita mudança na noosfera global (MENEGAT *et al.*, 2004 e CAPRA, 1982).

Atualmente a maior parte dos países em desenvolvimento fundamentam sua economia, produção interna e mercados de exportação em bens primários que são altamente suscetíveis às mudanças climáticas. O Brasil, líder em *commodities* no mercado externo com produtos como a soja, o milho, o algodão, a cana de açúcar e a carne, se encontra em fase de remanejamento de culturas devido as mudanças no clima local e regional. Localidades antes propícias para a produção de café e maçã agora se deslocam para regiões de maior altitude onde há maior quantidade de horas de frio, visto que as regiões antigas de cultivo em elevações inferiores tiveram suas temperaturas médias elevadas acima das médias históricas, como os estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM, 2009).

Essas mudanças locais também são sentidas no ciclo hidrológico, algumas regiões vêm apresentando alterações na distribuição das chuvas (parte oeste do Sul do Brasil) enquanto outras, um aumento expressivo das chuvas (região litorânea do Nordeste Brasileiro e o Litoral Sul). Possíveis mudanças na chuva afetarão significativamente a produção dos *commodities* agrícolas já consolidadas nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do país. A quebra nas safras pode gerar crises mundiais de alimentos e flutuações intensas nos mercados internacionais; de outra forma, áreas de cultivo podem ser direcionadas para áreas de floresta como e.g. no norte do estado do Mato Grosso, gerando uma infinidade de conflitos sociais referentes ao uso do solo e de divisão fundiária (EPAGRI/CIRAM, 2009).

Estudos sobre modelos climáticos mundiais prevêem as conseqüências futuras do aquecimento global na Amazônia especulando-se até uma possível savanização (conversão de floresta tropical em savanas devido à queima de biomassa, desmatamentos

extensivos e uso insustentável do solo para agricultura). Por outro lado, estudos regionais precisos sobre a interação e as conexões da floresta com o clima vislumbram a possível fertilização por carbono devido ao excesso desse gás em escala regional e continental (NOBRE C. E NOBRE A. 2002).

Os modelos climáticos atuais, que incluem em suas previsões variáveis como forçamentos antropogênicos (emissões de combustíveis fósseis de CO₂, mudanças históricas no uso da terra etc.) (BROVKIN *et al.* 2004) ainda carecem de detalhes no que tange os efeitos locais de desmatamento e simulações e interações entre todos os componentes do sistema da Terra, como os mecanismos bioquímicos e biogeofísicos (mecanismos bioquímicos, emissões diretas de CO₂ causadas pela conversão da vegetação, o que afeta as composições dos gases na atmosfera e conseqüentemente o clima; e mecanismos biogeofísicos, mudanças no albedo, transpiração e rugosidade sobre a superfície do solo). O aumento do efeito albedo³ é parâmetro determinante na medição dos efeitos de desmatamentos tropicais e da precipitação nas simulações (HOFFMANN E JACKSON, 2000).

Como veremos a seguir, os modelos climáticos do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) e do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) apontam para cenários climáticos desiguais na Amazônia Brasileira, seja nas temperaturas ou nas chuvas. Ambos cenários projetados pelo IPCC e pelo INPE apresentam aumento nas temperaturas médias para a região Amazônica e o Norte do Mato Grosso. Contudo, há uma divergência quanto ao aumento ou diminuição das chuvas. Entre 2071 e 2100 a temperatura poderá variar entre 4 e 8°C na Amazônia, para o cenário A2 (pessimista), e 3 e 5°C para o cenário B2 (otimista), com grande variabilidade espacial. Para a região Nordeste do Brasil o aquecimento pode chegar a 4°C no cenário pessimista A2, e de 2 a 3°C no cenário otimista B2. No cenário A2 o aquecimento no Centro-Oeste e Sudeste pode variar entre 4 e 6°C, enquanto que o cenário B2 apresenta valores entre 2 e 3°C. No Sul o cenário A2 sugere aquecimento da ordem de 3 a 4°C no cenário A2, e de 2 a 3°C no cenário B2.

Ainda que o aquecimento seja maior na região tropical da América do Sul para vários modelos regionais utilizados, as projeções destes modelos diferem sobre onde se dá o maior aquecimento (acima de 8°C): na Amazônia Oriental ou na Amazônia Ocidental, dependendo do modelo regional utilizado (MARENGO *et al.* 2007). Essa condição de aquecimento é bastante alarmante para a sobrevivência da floresta a longo prazo, e das sociedades que nela vivem e fazem dela seu sustento. Abaixo, os gráficos 1 e 2, e mapas 3

³ Aumento do albedo: redução da convecção, o que aumenta a reflectância das ondas de calor nas áreas desmatadas de cobertura de gelo ou neve e reduz o fluxo de calor na atmosfera mais baixa, inibindo os mecanismos de geração de precipitação nos trópicos.

e 4 ilustram os diversos modelos climáticos.

Mudanças Anuais de Temperatura no Norte do Mato Grosso (2001-2050)

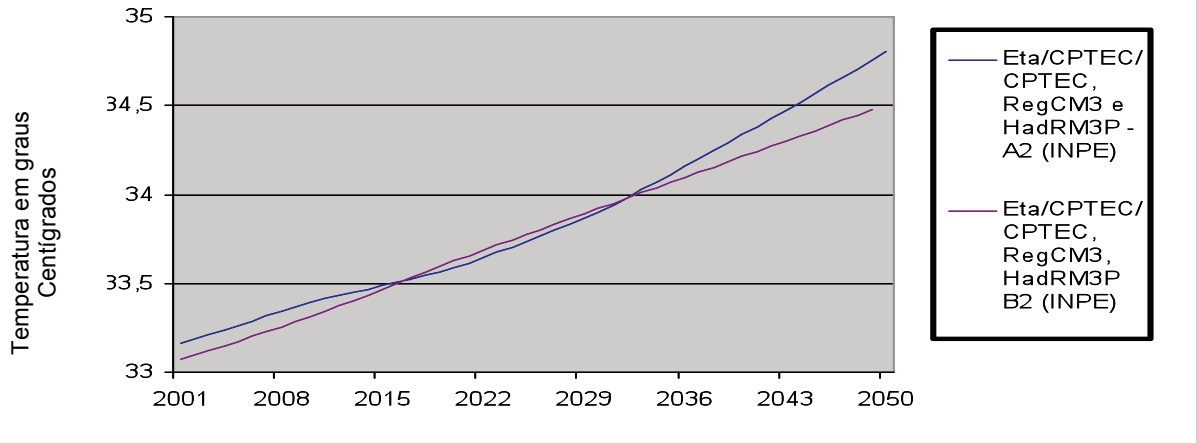


Gráfico 1 Tendências das temperaturas no norte de Mato Grosso (2001-2050) por meio da extrapolação de dados do Tyndell Center pela média dos índices regionais dos modelos do INPE (Eta / CPTEC / CPTEC, RegCM3 e HadRM3P), tendo como base a médias de 1961-1990 para o Norte de Mato Grosso (32,5 ° C) Fonte: INPE, (2007, IPCC, (2001).

Mudanças Anuais de Precipitação no Norte do Mato Grosso (2001-2050)

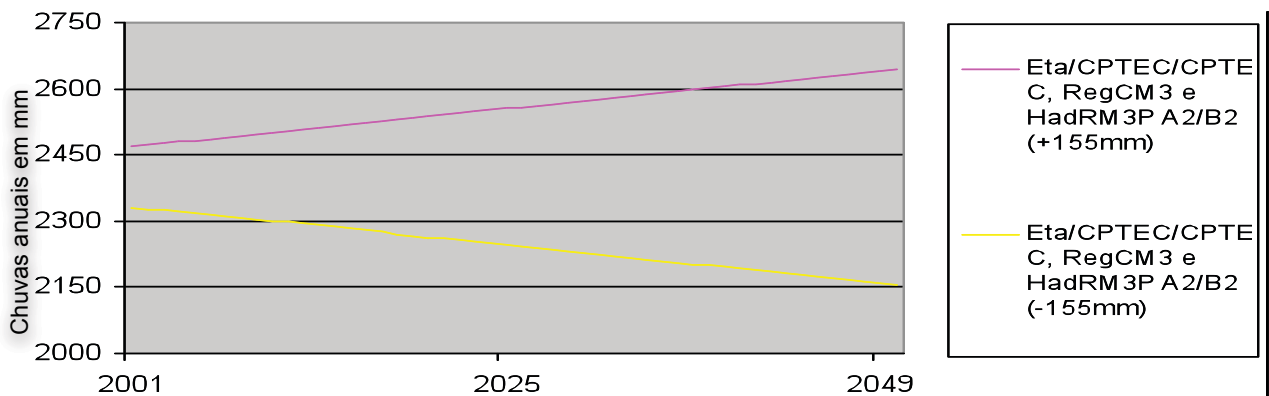
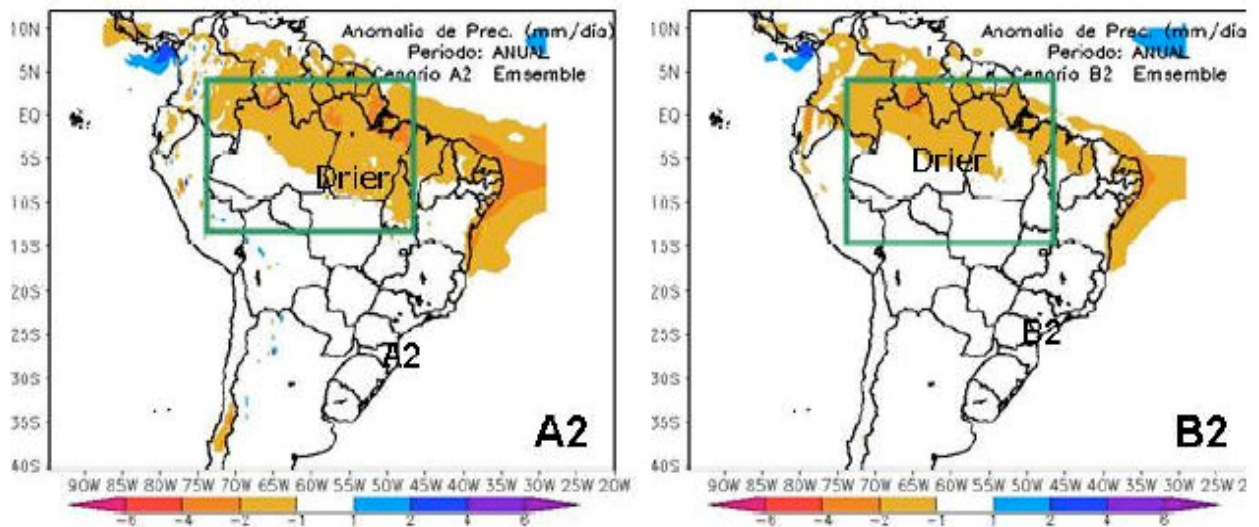
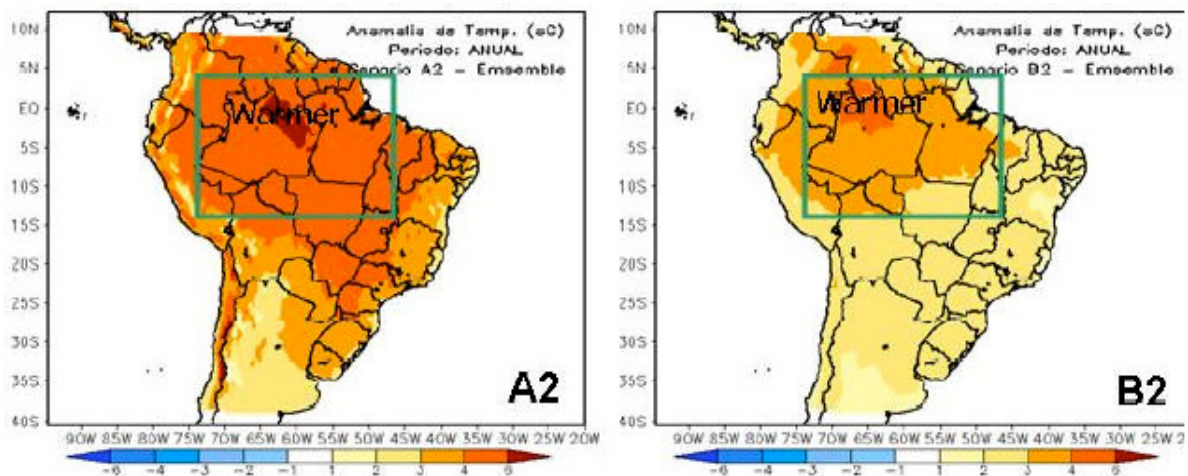


Gráfico 2 Tendências da precipitação para o Norte do Mato Grosso referente à primeira metade do século XXI (2001-2050) pelos dados do INPE, bem como do Centro de Investigação Tyndell Center, como base de dados de precipitação média dos índices de 1961-1990 Fonte: (INMET, 2008 e IPCC, 2001)



Mapa 3 Anomalias de precipitação (mm / dia) na Amazônia brasileira, considerando o cenário A2 (esquerda) e B2 (direita), cenário de TAR índices obtidos a partir da média dos três modelos regionais do INPE (Eta / CPTEC / CPTEC, RegCM3 e HadRM3P) para o período de 2071-2100, em relação com a média dos índices 1961-1990. Observe a tendência de diminuição da precipitação no norte do Estado de Mato Grosso (realizada no interior do retângulo verde). As projeções representam a média aritmética dos cenários produzidos pelos modelos regionais Eta / CPTEC / CPTEC, RegCM3 e HadRM3P (50 km de resolução). Fonte: Inpe 2007 e IPCC 2001.



Mapa 4 Anomalias de temperatura (para a América do Sul, período 2071-2100 em relação a 1961-1990, para os cenários do IPCC A2 (pessimista) e IPCC B2 (otimista). As projeções representam a média aritmética produzida pelo modelo regional Eta / CPTEC / CPTEC, RegCM3 e HadRM3P (50 km de resolução). Fonte: Inpe 2007 e IPCC 200.

Para ilustrar algumas características do clima da região de estudo de caso no norte do Mato Grosso, foram levantados dados de seis estações pluviométricas no município de Alta Floresta particularmente, as quais estão disponíveis no site da ANA (Agência Nacional de Águas). Foi encontrada uma leve tendência de diminuição das chuvas desde a década de 70, de aproximadamente 200-250mm, um pouco acima dos 155mm projetados para o futuro, por um dos modelos do IPCC.

Essas estações têm pluviômetros que registram a chuva com uma média de 30 anos de medições. Os padrões analisados são de precipitação anual e mensal. As principais dificuldades encontradas na medição dessas estações é a ausência de registros contínuos ao longo de um período decenal. O método do índice global no qual foi somado o valor total das chuvas das seis estações durante o período, e dividido pelo número de anos, permitiu uma construção de um conjunto de precipitações em localidades com lacunas de dados. Destarte, todas as estações recebem uma média de chuva do mesmo montante (entre 2100 e 2200 milímetros/por ano, típicos da região). Na tabela abaixo, a estações meteorológicas para o município de Alta Floresta (MT) e as deficiências que ocorrem tempo/período:

| Estação | Período de Análise | Deficiência (Lacunas/anos) |
|-----------------------|---------------------------|--|
| 857000 | 1983-2006 | 9 meses (1992) |
| 956000 | 1979-2005 | 1 ano e 8 meses (1992 e 2004) |
| 956001 | 1981-2007 | 6 anos e 4 meses (1980,81,82,88,89 e 1990,91,92) |
| 1055001 | 1976-2007 | 2 anos e 4 meses |
| 1057001 | 1983-2007 | 2 anos e 5 meses |
| Fazenda Caibi* | 1976-1999 | Completa |

Quadro 1 - Estação meteorológicas do Município de Alta Floresta (MT), *Dados cedidos pelo projeto DURAMAZ. Fonte : Hidroweb, ANA (Agência Nacional de Águas, 2009).

Várias razões elucidam a precariedade em estações meteorológicas e suas lacunas. A região do município de Alta Floresta e o norte do Mato Grosso foi colonizada há apenas algumas décadas (1970). Em grande medida são territórios rurais, logo, não têm vigilância e as estações são deixadas sem monitoramento no campo (especialmente nos períodos chuvosos, devido a inacessibilidade). Sem um acompanhamento adequado, podem não funcionar como desejável, ou mesmo ceder suas atividades sem alerta, levando a perdas de dados. O índice global de precipitação anual das seis estações registrou uma ligeira diminuição na média anual de chuva durante os 30 anos de intervalo, assim como sua tendência linear. Como observado no gráfico 3, a seguir:

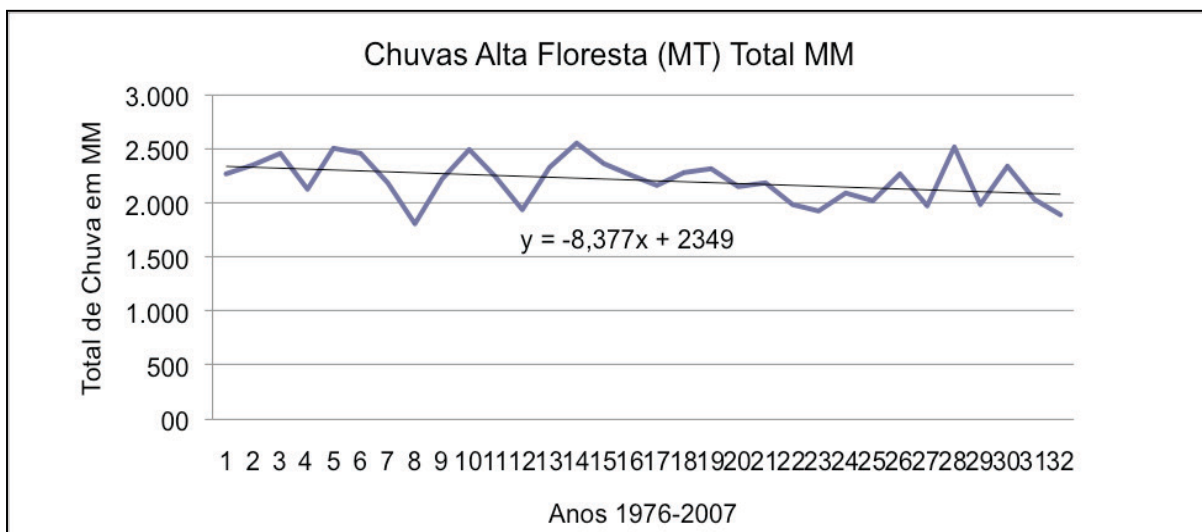


Gráfico 3 Média de 6 estações pluviométricas para o município de Alta Floresta (MT) em mm, em um período de 32 anos, verifica-se uma diminuição das chuvas ao longo do tempo, contudo, há uma grande variabilidade durante as 3 décadas. Linha escura: tendência linear Fonte : ANA (Agência Nacional de Águas), software

Outra análise demonstrou que o número de dias chuvosos também diminuíram durante o mesmo período de escala decenal, contudo, uma diminuição mais singela:

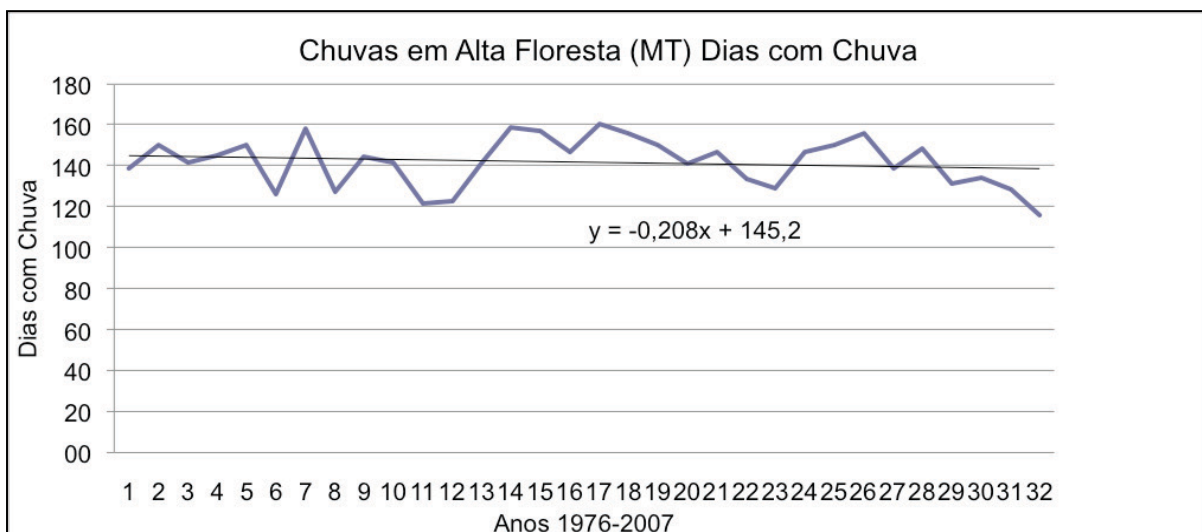


Gráfico 4 Total do número de dias com chuva (dias), ao longo do eixo y decenal período (anos) eixo x, das seis estações meteorológicas localizadas no município de Alta Floresta - Mato Grosso, Brasil. Linha escura: tendência linear. Fonte: Hidroweb ANA (Agência Nacional de Águas), 2009.

Por menores que sejam essas mudanças nos parâmetros físico-climáticos, as populações mundiais deverão encontrar formas de se adaptar, dessa forma, diminuindo sua vulnerabilidade frente ao clima, e especialmente à escassez da água. A capacidade de adaptação será possível na medida que os indivíduos se conscientizem da crise atual climática que engendra em seu âmago problemas antigos da civilização humana; como ex: a idéia de que os recursos são infinitos, a relutância em permutar de forma definitiva as energias fósseis por renováveis. Os problemas de população exponencialmente crescente, constantes disparidades na distribuição equitativa da renda, da educação, dos bens e serviços básicos e para sobrevivência devem ser equacionados conforme sugere a ONU

(Organização das Nações Unidas).

As diversas modalidades de uso do solo na Floresta Amazônica Brasileira contribuem para situar o Brasil no patamar de 3% das emissões mundiais de gases de efeito estufa, (sendo 2% por desmatamento e o restante pela queima de combustíveis fósseis) (IPCC, 2001 e 2007). Isso é suficiente para colocar o país em evidência nas discussões internacionais em alusão a mudanças climáticas causadas pelas atividades humanas e a antropização do solo em áreas de florestas tropicais. As diversas mudanças de uso do solo da floresta tropical úmida geram debate, visto que as fronteiras agrícolas e urbanas se estendem pela Amazônia, propiciando conflitos entre diversos atores sociais.

Nesse contexto de incertezas no que tange o futuro da floresta, é pertinente que sejam lançadas pesquisas que avaliem os impactos atuais referentes as temperaturas e o ciclo hidrológico em regiões desmatadas. Um aumento regional das temperaturas e uma diminuição ou aumento de precipitações poderá modificar o ciclo natural de interação da floresta com o clima de seu ecossistema, o qual foi criado há milênios.

Dentre as áreas de maior impacto humano no solo da Floresta Amazônica indubitavelmente cita-se a BR-163. A região sofre conversão de extensas áreas de cobertura florestal densa, antes intacta, para áreas agrícolas e de pecuária. A BR-163 no Mato Grosso inclui áreas de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Com relação a essas áreas há informações vitais para o desenvolvimento de pesquisas sobre impactos bruscos no micro-clima regional, causados pela antropização do solo. Considerando que as emissões antropogênicas provenientes do uso do solo contribuem com uma parcela que vai de 10 a 30% do total de emissões dos gases de efeito estufa mundiais (BROVKIN *et al.* 2004).

É de extrema relevância a condução de pesquisas que contemplem alterações na superfície do solo da floresta, e os diversos impactos sócio-ambientais por elas causados. Denota-se a necessidade de perceber se essas modificações antrópicas, desenfreadas, estariam influenciando as chuvas na região, além de causar conseqüências negativas para a população local e para a própria sobrevivência e sustentabilidade da floresta e das áreas de cultivos.

Um ecossistema alterado poderá propiciar com maior intensidade a possibilidade da intensificação de doenças zoonóticas, e a perda massiva de flora e fauna passíveis de estudo (um quadro de extinção de espécies dos diversos ecossistemas naturais na Amazônia) (NEIL *et al.* 2007). Futuramente (daqui a 100 anos), mudanças no solo causadas por atividades antrópicas poderiam elevar a temperatura média de 1 a 2 graus centígrados, nas áreas desflorestadas (FEDDEMA *et al.* 2005).

1.2 O DIÁLOGO DA SUSTENTABILIDADE

Em um mundo voraz pelo consumo de bens, serviços e matéria prima, a cobiça pela aquisição de poder e benefícios obstrui a visão sustentável a longo prazo externalizando os custos ambientais. A insustentabilidade do crescimento econômico é ditada por uma economia voltada à eficiência, e pela ciência econômica não normativa e livre de valores éticos ambientais. O bem estar humano está refletido em ilusões de produtivismo, consumismo e materialismo. Há uma falta de alfabetização ecológica. A matéria transformada pela sociedade vira lixo (entropia). A era atual circunstancia o ponto crítico, no qual a ecologia perpassará a economia na obtenção de um uso mais eficiente dos recursos naturais (BRANCO, 1989).

Da mesma forma que o ritmo da destruição se acelera, será exigido dos tomadores de decisão no âmbito das políticas públicas a atualização constante e o apoio da comunidade científica em contraponto à preferência da sociedade, a qual freqüentemente opta pela maximização dos bens de consumo e do lucro em curto prazo, o que inúmeras vezes não é adequado para o tratamento da problemática ambiental e da sustentabilidade. Não da maneira egoísta e utilitarista que têm prevalecido nos últimos séculos (NOBRE E AMAZONAS 2002). A sustentabilidade poderá reduzir a vulnerabilidade das sociedades às mudanças climáticas, bem como auxiliar as nações à alcançarem os caminhos do desenvolvimento sustentável (NEIL *et al.* 2007).

A modernidade transpõe um momento de mudanças em seus padrões de consumo e de valores. Enquanto alguns setores da sociedade continuam atrelados a conceitos desenvolvimentistas ultrapassados, outros divergem em possibilidades novas, em oportunidades de explorar o mundo de forma sustentável. As questões ambientais são paradigmas à pouco dilacerados. A antropologia, a etnografia do pensamento e o diálogo das culturas citados por Geertz (1986; 2007) demonstram a importância do afluxo de informações entre os povos. O entendimento das diferenças culturais e a possibilidade de abertura e disseminação de informação dos círculos fechados e especializados é o prenúncio de uma tentativa de equilíbrio e de diálogo entre as partes Giddens (1991) e Geertz (1986; 2007).

O conceito de Desenvolvimento Sustentável primeiramente concebido oficialmente pelo relatório de Brundtland (1987), reside na capacidade da civilização contemporânea utilizar suas ferramentas de combate (e.g. tecnologia nuclear) para seu próprio benefício (geração de energia nuclear). Não obstante, existem divergências quanto ao uso dessas tecnologias e a forma como seus rejeitos são tratados (CAPRA, 1982). O objetivo é que o desenvolvimento contemple intrinsecamente a permanência dos recursos naturais renováveis e não renováveis, e o equilíbrio e o restabelecimento dos fluxos de vida da terra.

A globalização vista de forma positiva nas comunicações, vêm deteriorando os recursos naturais por meio da demanda dos mercados externos e o crescimento econômico exponencial, pois utiliza-se da publicidade massificante e o consumismo desenfreado como alimento. Tal mentalidade usurpadora poderá transviar em mecanismo de sinergia e disseminação de educação ambiental se convertida para uma lógica ambiental. Esta possibilidade será desenvolvida na medida que a massificação de teorias como a de Gaia criada por Lovelock (1974) serão incentivadas na educação ambiental pós-moderna.

A dicotomia criada na noosfera entre homem x natureza deverá ser extinguida ou atenuada ao máximo. Os estudos da ciência não devem especializar-se sem contemplar o contexto geral que os circunda. No sistema pluralista, as análises individuais são síntese das diversas funções dos seres que se completam no todo do meio ambiente. As partes distintas que compõem o sistema como a litosfera, hidrosfera, biosfera e a atmosfera são simbióticas.

A vida no planeta solidificou-se e proliferou por meio de inter-relações milenares entre as partes. As interações em meio a esses sistemas não existem somente dentre as partes divergentes, mas também entre sistemas de espécimes iguais, os quais controlam seus fluxos de energia. As teias interconectadas dependem do fluxo constante da vida em suas conexões (CAPRA, 1982). A identificação do equilíbrio das atividades humanas com o seu meio não deve ser de caráter superficial, mas nutrida por uma análise análoga à ecologia dos sistemas. O planeta é rico em teias correlacionadas e extremamente delicadas, como explica a própria ecologia (ODUM E BARRETT, 2005), e não cabe a civilização compreender cada milímetro da teia, todavia, é necessário entender o contexto geral, como nos estudos do pensamento e da cultura, para que o olhar não seja parcial, mas dotado de uma semiótica racionalizada. É o pensamento complexo como ilustra Morin (2005) no estudo da complexidade.

A sociedade ao destituir-se de sua origem natural e vislumbrar a natureza como mero artefato utilizável e sem valor intrínseco, causa destruição e inutiliza seu planeta para as gerações futuras. As demais espécies em seu fluxo natural e não destrutivo convivem em harmonia tendo como exclusiva motivação a reprodução de seu *offspring* (KLINKERS et al., 1997). Para questões como o crescimento exponencial da população não existem soluções ou técnicas adequadas, na verdade, elas estão muito aquém do entendimento do complexo sistema da vida. O mundo é finito, e ao maximizar-se a população, os bens não se maximizam. Mesmo que existam soluções temporárias para a escassez de alimentos, a necessidade abusiva perdurará, vis que o planeta é limitado e a sociedade egocêntrica.

Como qualquer outra teoria, o desenvolvimento sustentável está sujeito a modificações e novas visões. Ele prosperará ou entrará em desuso conforme a sociedade possa incorporá-lo ao seu cotidiano, e amadurecerá suas principais virtudes como uma

ciência especializada ou em um modo de vida, que no futuro será tão óbvio quanto saciar a sede. O DS (Desenvolvimento Sustentável) poderá ser substituído por outros ideais em conformidade com os esclarecimentos que sejam mais pertinentes para as civilizações do futuro.

O desencaixe citado por Giddens (1991), ditado pela lógica do dinheiro, também pode ser ditado pela lógica ecológica; o homem controlará suas atividades de forma a seguir um fluxo benéfico de energia para o planeta; nossas atividades serão controladas de maneira sustentável sem que precisemos fiscalizar atividades destrutivas.

1.3 ADAPTABILIDADE, MITIGAÇÃO E VULNERABILIDADE POPULACIONAL FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A revolução verde no Mato Grosso intensificou o desenvolvimento agrícola transformando o cerrado e as áreas de floresta mesófila do meio Norte Mato Grossense em monoculturas. No entanto, muitas áreas foram destruídas somente para retirada de essências nativas e a queima de biomassa, e logo, foram abandonadas. As áreas alteradas excedem em muito a área cultivada; a destruição supera a área de produção. As ilhas de preservação das reservas legais não garantem a proteção de espécies necessárias para os ecossistemas, é imperativo que hajam corredores ecológicos interligando os diferentes biomas brasileiros, nesse caso, o Mato Grosso detém 3 deles: o Cerrado, o Pantanal e a Floresta Amazônica com suas respectivas áreas de transição (DUARTE E THEODORO, 2002). Os produtores têm consciência da perda de habitat, mas não há manifesto. Estão abrindo mão da terra que será herdada por seus filhos a médio e longo prazo, por um lucro a curto prazo. As constantes flutuações dos mercados internacionais, a crise climática engendrada na ganância humana, a usurpação dos recursos naturais sem responsabilidade ética ou moral com as gerações futuras, propiciarão um futuro incerto para esses produtores.

A mudança climática restringirá consideravelmente as possibilidades de cultivo de culturas que são necessárias para o mercado de *commodities*, colocando em risco o controle mundial da crise alimentar (DUARTE E THEODORO, 2002). Ampliar a fronteira agrícola implica em gerar conflitos. A sojicultura do Mato Grosso é altamente excludente, provoca uma migração do campo para o campo e do campo para a cidade. As espécies animais e vegetais atualmente destruídas em detrimento das atividades agropecuárias podem ter valor no futuro e gerar dividendos. O uso direto (recursos exauridos) deve modificar sua lógica e tornar-se uso indireto (recursos preservados) propiciando a resiliência e capacidade de recuperação do passivo ambiental de inúmeras propriedades Mato

Grossenses. O manejo florestal de uso múltiplo aliado a gestão comunitária são alternativas a serem contempladas.

A reflexão acerca da vulnerabilidade às mudanças climáticas deve estar presente na sociedade, na economia, nas instituições do governo, na capacitação de pessoas, na efetividade dos órgãos, na saúde, na agricultura e em níveis que atinjam a federação, os estados e os municípios. Grupos de trabalhos GT são cruciais na formação de políticas que acatem a adaptação para mitigar as possíveis crises brasileiras ao câmbio climático.

Em um mundo repleto de incertezas quanto ao futuro dos recursos naturais, seja pelas mudanças climáticas, seja pela ambição da humanidade em transformar o meio em que vive, é necessário que seja dada uma chance para as gerações futuras usufruírem das benesses da natureza, e que tenham a oportunidade de conhecer os animais e plantas antes que se extinguem, de descobrir com sua ciência e tecnologia formas mais sustentáveis, equilibradas e prazerosas de relacionar-se com as outras criaturas da terra. Indubitavelmente as decisões tomadas agora pelos chefes de estado, políticos, diplomatas, governantes, chefes tribais, líderes comunitários, serão a semente do desenvolvimento sustentável (dependendo não só do solo, e das condições às quais é exposta para germinação, mas também dos cuidados e zelos de seu cuidador).

É com essa visão a longo prazo e de sentinela que devemos estar atentos a nossa capacidade de adaptar-nos aos câmbios vindouros, diminuindo desta forma nossa vulnerabilidade. Se pretendemos continuar a viver no planeta, teremos de mudar nossos hábitos. Diminuindo nosso apetite voraz por recursos não renováveis como os combustíveis fósseis; permitir que as espécies possam viver no meio que lhes pertencem garantindo o usufruto das condições ambientais necessárias para seu desenvolvimento; consentir que os diversos ciclos ecossistêmicos permaneçam em equilíbrio tanto em seus aspectos físicos, químicos quanto biológicos; e por fim, aprendermos a ser sociáveis, solidários e toleráveis uns com os outros, seja qual for a espécie. Não nos cabe escolher que espécies têm o direito de sobreviver, mas sim à própria evolução intrínseca que está engendrada no âmago da natureza, seja por seus genes ou pelo meio em que vive.

Para o IPCC WGII (2007), a capacidade adaptativa é a habilidade de um sistema de ajustar-se a mudança climática (incluindo variabilidade no clima e extremos), moderando danos potenciais, e tomando vantagem das oportunidades, ou convivendo com as conseqüências. E a vulnerabilidade é o grau no qual o sistema é suscetível ou impossibilitado de conviver com efeitos adversos das mudanças climáticas, incluindo variabilidade no clima e extremos.

Vulnerabilidade é uma função de caráter, magnitude, taxa de mudança climática, variação pela qual um sistema é exposto, sensibilidade e capacidade de adaptação IPCC WGII (2007). Com as mudanças climáticas o IPCC prevê que em latitudes baixas,

especialmente em climas secos sazonais e regiões tropicais, a produção de grãos diminua, mesmo por pequenos aumentos em temperaturas locais (1-2 °C), o que aumentaria o risco de fome. O Mato Grosso é um estado chave para esse estudo, pois tem uma das maiores produções de grãos do país, e.g. a soja, além de estar em uma região tropical. Para a saúde da sociedade e dos humanos, as mudanças climáticas projetadas pelos modelos, apontam situações calamitosas afetando a saúde de milhões de pessoas, especialmente as com baixa capacidade de adaptação (países pobres).

Haverá um aumento e freqüência de doenças cardiorrespiratórias, devido as altas concentrações de ozônio a nível da superfície do solo, e também a distribuição alterada de doenças infecciosas por vetores. Para a América Latina especificamente é esperado que a quantidade de água no solo diminua, associado ao aumento das temperaturas, e a substituição de áreas de floresta por savanas no leste da Amazônia. Há riscos de perda na biodiversidade por meio da extinção de espécies em várias áreas da América Latina. A produção de grãos de importância internacional será reduzida assim como a produção da pecuária, o que trará conseqüências na segurança alimentar de muitos países os quais dependem da exportação de alimentos da América Latina. As mudanças nas precipitações e o desaparecimentos dos glaciais irão afetar significativamente a disponibilidade de água para o consumo humano, agricultura, e a produção de energia.

Será grande o descompasso, pois a maior parte dos países da América do Sul têm sua produção de energia por meio da água (usinas hidrelétricas). Se for comprovado que com o desmatamento há uma alteração na quantidade das precipitações, teremos um resultado irônico dos conflitos entre ambientalistas e desenvolvimentistas pela concessão ou não de áreas de florestas para a construção de barragens e usinas. Alguns países já fazem esforços para adaptar-se às mudanças como: administração de risco na agricultura, estratégias contra inundações, manejo de áreas costeiras, e sistemas de monitoramento de doenças. Contudo, a efetividade desses esforços pode ser prejudicada pela: falta de informações básicas, observação e monitoramento de sistemas, falta de capacidade de construção e do aparelhamento político, institucional e tecnológico apropriado; baixa renda; e povoados em áreas vulneráveis. No quadro abaixo podemos observar algumas conseqüências das mudanças climáticas prognosticadas pelos modelos incluindo forçamentos naturais e antropogênicos:

| Fenômeno e Direção da | Probabilidade de Tendência | Exemplos dos principais impactos por setor | | | |
|---|----------------------------|---|--|--|--|
| <i>Eventos de precipitação extrema ; aumento de frequência na maioria das áreas</i> | Muito Certo | Dano as culturas, erosão do solo, impossibilidade de cultivar a terra devido a escassez de água nos solos | Efeitos adversos na qualidade da água superficial e subterrânea ; contaminação das fontes de água | Aumento de mortes, infecções, problemas respiratórios, problemas de pele, e desordens pós-traumáticas por stress | Problemas nos povoamentos, comércio, transporte e na sociedade devido as enchentes, pressão em áreas urbanas e na infraestrutura rural |
| <i>Aumento de áreas afetadas por secas</i> | Certamente | Degradação da terra, menos campos para cultivos e mais perdas, morte na pecuária, aumento do fogo | Stress hídrico generalizado | Aumento dos riscos por falta de água e comida ; aumento do risco de desnutrição ; aumento do risco de doenças causadas pela água/ comida | Diminuição de água nos assentamentos, indústria e sociedades ; redução nas plantas hidrelétricas e no potencial de energia, migração de populações |
| <i>Eventos de precipitação extrema ; aumento de frequência na maioria das áreas</i> | Muito Certo | Dano as culturas, erosão do solo, impossibilidade de cultivar a terra devido a escassez de água nos solos | algas Efeitos adversos na qualidade da água superficial e subterrânea ; contaminação das fontes de água | velhos, doentes crônicos, socialmente isoladas e muito jovens Aumento de mortes, infecções, problemas respiratórios, problemas de pele, e desordens pós-traumáticas por | Problemas nos povoamentos, comércio, transporte e na sociedade devido as enchentes, pressão em áreas urbanas e na infraestrutura rural |

Quadro 2 Exemplos de impactos possíveis de mudanças climáticas devido a mudanças extremas no tempo e nos eventos climáticos, baseado em projeções para a metade e final do século 21. Elas não levam em conta nenhuma mudança no desenvolvimento/tecnologia ou na capacidade de adaptação da sociedade. Fonte : IPCC WG II (2007).

A adaptação será necessária na gestão de impactos resultantes do aquecimento existente das emissões de GEE passadas. Existem barreiras, limites e custos, mas todavia não são completamente compreendidos. Algumas dessas adaptações podem ser puramente tecnológicas, comportamentais, de gestão e políticas.

O WGII do IPCC (2007), também salienta que a adaptação sozinha não é esperada como passível de lidar com todos os efeitos projetados das mudanças climáticas, e especialmente não a longo prazo porque todos os impactos aumentam em magnitude. A vulnerabilidade ao clima pode ser exacerbada pela presença de outros estresses, seja nos biomas pela diminuição da resiliência por conta dos impactos humanos, seja na sociedade por meio de doenças, insegurança alimentar, desigualdade de renda, e dificuldade de acesso aos recursos. A vulnerabilidade depende não somente da mudança climática, mas também nos caminhos do crescimento econômico, social, ambiental, institucional e ético da sociedade atual. Diferenças entre sociedades pode aumentar ou diminuir as dificuldades com o clima.

O desenvolvimento sustentável pode reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas, e as mudanças climáticas poderiam impedir as nações de alcançarem o desenvolvimento sustentável ou seus caminhos, principalmente em um cenário pessimista como o A2 projetado pelos modelos. Situações de clima adverso podem diminuir as facilidades de novas tecnologias, e o acesso a educação e o possível provimento da igualdade entre as nações nos mais diversos aspectos sociais. Muitos impactos podem ser evitados, reduzidos ou postergados pela mitigação, que ocorre por meio da fiscalização das atividades humanas no globo, e por meio de políticas públicas mais ambientalmente corretas, capazes de manter um equilíbrio entre as demandas da sociedade, do meio ambiente e da economia. Um dos papéis dos atores públicos ou gestores atuais é facilitar o diálogo entre essas esferas que atualmente são conflitantes, e encontrar alternativas viáveis com a realidade cambiante.

O IPCC sugere a adoção de um portfólio de medidas de adaptação e mitigação de riscos associados as mudanças climáticas, é interessante que cada país possa criar o seu, onde contemple suas necessidades específicas e pontuais e que contemple também os impactos de suas atividades no contexto global, adaptando suas tecnologias e pesquisas para o foco da mitigação. O Brasil já dispõem de um plano criado em 2008, o PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (PNMC). Este plano lembra um portfólio (tal como mencionado pelo IPCC) e se seguido, pode trazer conseqüências benéficas e resultados promissores para o Brasil como país vanguardista nas questões ambientais e climáticas. Algumas características desse plano é a possibilidade, e o dever, de incluir (a) medidas de adaptação no planejamento do uso do solo/terra e de infra-estrutura e (b) incluir medidas que reduzam a vulnerabilidade existente à desastres e redução de riscos em áreas

estratégicas.

Os impactos climáticos terão uma variação regional, mas, agregados e descontados do presente, eles certamente agregarão custos líquidos anuais os quais aumentarão ao longo do tempo com o aumento das temperaturas globais. Em outras palavras, mais temperatura, maiores gastos globais. Os países em desenvolvimento sofrerão grande percentual dessas perdas pela maior dificuldade de suas economias e sociedades adaptarem-se e mitigarem os efeitos das mudanças climáticas. Ferramentas como os mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) podem auxiliar na alteração das necessidades dos países desenvolvidos, manipulando e transformando os países em desenvolvimento ao impactar menos o meio ambiente e o clima, conseqüentemente diminuindo os riscos globais de necessidade de adaptação e mitigação às mudanças no clima.

Com expectativas promissoras nas negociações de Copenhague o Governo Britânico lançou um documento intitulado Road to Copenhagen (Estrada para Copenhague). Nesse documento consta que para que sobrevivamos no planeta nos próximos mil anos é urgente que mantenhamos o aquecimento global em apenas 2 graus centígrados e reduzamos as emissões dos gases de efeito estufa em 50% até 2050. O documento incita que fundos dos setores públicos e privados devem ajudar países em desenvolvimento a focar áreas que são mais necessárias por meio da adaptação e programas de redução de emissões em uma economia de baixo carbono. Com isso é esperado que as emissões caiam na próxima década. São grandes as chances que ocorra uma acidificação dos oceanos com um aquecimento de 0.75 graus centígrados causado nos últimos anos por efeitos antrópicos, (consenso entre cientistas do IPCC), e nunca visto antes na história geológica conhecida pelos cientistas (800.000/135 milhões de anos) (Department of Energy and Climate Change, 2009).

O aumento da população fará com que os suprimentos de alimentos diminuam assim como as áreas propícias para o cultivo, demandando mais energia para alimentar o desenvolvimento de países pobres. As decisões em Copenhague precisam ser igualitárias entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Haverão riscos de vazamento de carbono por meio dos MDL (por conta de países emissores e sumidouros de gases, ao não cumprirem suas responsabilidades), que poderão ser assessorados pela União Europeia. Oportunidades como a utilização da energia das ondas do mar, usinas eólicas, e nucleares não podem ser descartadas. Haverá a necessidade de criar um quadro internacional para estimular os problemas em conjunto, assim como criar políticas nacionais de baixo carbono.

Se as ações forem postergadas os custos serão altíssimos. A pergunta que fica é se investimentos em uma economia de baixo carbono poderão reverter a queda de uma economia em crise? Em contrapartida, algumas repostas surgem, como a disseminação de

tecnologias de baixo carbono e a expansão dos mercados de carbono no planeta (Department of Energy and Climate Change, 2009).

Os países em desenvolvimento terão de reduzir em até 80% suas emissões em 2050. Metas de médio prazo devem ser estabelecidas, os países em desenvolvimento têm diferentes gradientes de responsabilidade e capacidade para gerir os problemas das mudanças climáticas. Para o Brasil podemos incluir: redução da eletricidade em até 10%, aumento do uso da energia solar e hidroelétricas, e a eliminação da perda líquida de florestas (Department of Energy and Climate Change, 2009).

Os MDL (mitigação e adaptação) devem ter um robusto monitoramento e controle. Os países em desenvolvimento devem construir uma capacidade de suporte por meio de certificados de redução de emissões. Já é possível por meio de tecnologias que o carbono possa ser capturado e armazenado no subsolo, o que reduziria as emissões por combustíveis fósseis em até 90%.

No Brasil a Amazônia é responsável pela produção de 20 bilhões de toneladas de água todos os dias; monitorar a floresta, ter uma governança alta e um controle do manejo do solo em áreas tropicais, podem garantir a participação efetiva da floresta no mercado mundial de carbono. O desmatamento deve terminar permanentemente para que seja real o valor da floresta e o carbono mantido em taxas estáveis.

Os custos com a adaptação as mudanças climáticas podem ir de 28-57 bilhões de dólares por ano até 2030 nos países em desenvolvimento. Para que esses programas de MDL funcionem, os países em desenvolvimento precisam ter a certeza que o dinheiro estará disponível por meio do aporte dos países desenvolvidos, o que requer uma reforma internacional por meio de uma arquitetura institucional. Citemos a governança justa, uma aproximação direta para cada país com suas especificidades, um efetivo desdobramento das decisões tomadas e a transparência e confiabilidade entre as partes (Department of Energy and Climate Change, 2009).

Nessa mesma perspectiva a Liderança Global para a Ação Climática (força tarefa de líderes mundiais) (2008), acentua as mesmas questões elencadas pelo governo do Reino Unido e vai mais além descrevendo pressões migratórias e conflitos pelos recursos devido às mudanças climáticas. Os futuros esforços devem visar tanto a adaptação quanto a mitigação. Hoje em dia o custo é pequeno, apenas 1% do PIB global, segundo o relatório Stern, se comparado aos custos referentes à postergação da ação. Os tratados climáticos exigirão cooperação internacional, bilateral, regional e global. Deverão incluir as fontes e sumidouros, sendo os países desenvolvidos responsáveis historicamente e com maior capacidade de agir, no entanto, não execrando as responsabilidades atuais dos países em desenvolvimento e os mais carentes. A mitigação traz o benefício de proteger a saúde humana reduzindo a grave poluição do ar. Acordos entre os maiores emissores, entre os

grupos menores, acordos setoriais, metas de emissões para indústrias particulares, taxas harmonizadas de carbono, redução na intensidade de emissões e tecnologias limpas são diretrizes importantes para chegar a uma meta equitativa entre as partes.

As energias renováveis abrem a possibilidade de geração de novos empregos, redução de pobreza em áreas rurais e longínquas. Não obstante o governo deve gerir com cuidado os projetos, e não permitindo o monopólio dos grandes produtores, como ocorre com a soja e a cana de açúcar. Vemos um exemplo negativo com a mamona, agricultores foram incentivados a investir todos seus recursos no programa do biodiesel e atualmente estão sem assistência do governo; o programa antes tido como revolucionário encontra-se em desuso e abandonado pelo poder público. Alternativas urbanas também são essenciais para a quebra do paradigma de energia, com o melhoramento da eficiência de prédios comerciais e residenciais e dos aparelhos domésticos.

Há de se tomar cuidado com a idéia de que nem todas as florestas tem igual capacidade de absorver o dióxido de carbono; sim, suas diferenças são importantes, mas que isso não seja argumento para a devastação de florestas com menor potencial de sumidouro de GEE (Gases de efeito estufa). Onde fica o valor da biodiversidade? Para o relatório Stern o estabelecimento de um preço de carbono por meio de tributação, comercialização ou regulação é fundamental para lidar com a mudança climática. Os impostos de carbono são fáceis de implementar, mais do que os esquemas de limitação do comércio. Um sistema de imposto de carbono universal deve ser objeto de acordo entre as partes.

Uma reposta nacional em termos de política reforçará a manutenção, o apoio do marco econômico e do desenvolvimento sustentável como estratégias de redução da pobreza; melhorando a capacidade de adaptação e mitigando à mudança climática. Por fim, os sistemas agrícolas devem ser mais resistentes às tensões com tecnologias de adaptação à seca e eventos extremos, como a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) já vem desenvolvendo no Brasil com grãos mais resistentes. A redução da vulnerabilidade dos recursos hídricos, florestas e da agricultura devem ser aspectos fortalecidos pelo poder institucional com capacitação de recursos humanos, e uma ampla capacidade de planejamento, assim como recursos privados pelo mercado de carbono (Liderança Global para Ação Climática, 2008). No Brasil, por mais abundante que seja o potencial hídrico do aquífero Guarani, ou mesmo pela plena disponibilidade de água na maioria das regiões, deve-se evitar o desperdício e dar uma atenção especial ao elemento, o qual é necessário para a produção de alimentos e produção de energia renovável.

A gestão integrada dos recursos hídricos pode ser uma fonte de adaptação e mitigação às mudanças climáticas. A destruição do solo e da vegetação alteram a base hídrica, por meio de mudanças na quantidade, qualidade e oportunidade do uso da água. A

água azul (infra-estrutura urbana) e a água verde (água recebida nos campos sem manejo) fazem parte dos conflitos de uso sustentável dos recursos naturais. A água consuntiva é utilizada na agricultura e diminui os corpos d'água, e o uso não consuntivo da água é primordial pois ela não se perde e retorna para o meio. A água tem sido utilizada também para o abastecimento humano e a diluição de dejetos (THEODORO, 2006).

Um sistema integrado por todas entidades públicas, privadas e civis pode melhorar a utilização dos recursos hídricos e deve ser implementado a nível estadual no Mato Grosso. Os corpos de água utilizados pelos humanos podem sofrer "aborto", quando há destruição das nascentes; podem sofrer "adocimento", quando suas águas são poluídas com químicos; e "emagrecimento", quando há retirada excessiva de um manancial por meio de açudes mal planejados, o desperdício e a divergência de interesses. A falta de planejamento e participação das comunidades resultou em movimentos pelo Brasil, como os atingidos por barragens. O poder público paternalista inibe a sociedade para a gestão. O equilíbrio entre as esferas da sociedade e os impactos causados pelo uso indiscriminado da água devem ser visíveis a todos. Instrumentos, mecanismos técnicos legais e institucionais devem permear a participação de forma a diminuir benefícios setoriais e desperdícios por desvios de recursos financeiros oriundos do uso da água (THEODORO, 2006).

O uso da água para a agricultura no estado do Mato Grosso deve contemplar medidas que permitam a sobrevivência do recurso a longo prazo. Ainda que o Estado não sofra de secas severas ou períodos extensos de estiagem, a captação de água pluvial para a agricultura se tornaria de grande valia para monocultores e pequenos proprietários rurais nos anos mais secos. Um estado que depende da produção agrícola para seu desenvolvimento, deve prestar extrema atenção na fonte primordial de sua produção (a água); sem este elemento em quantidades suficientes a agricultura se torna inviável, mesmo que hajam temperaturas adequadas para o crescimento vegetal.

Para RODRIGUES et al. (2008) as políticas de mitigação das mudanças climáticas no Brasil têm sido direcionadas para as tecnologias de energias renováveis exemplo os biocombustíveis. Contudo, pouco se fala sobre a biodiversidade, os ecossistemas e a preservação dos biomas brasileiros onde se insere a produção de energia renovável por meio da cana de açúcar (etanol). Os biocombustíveis podem eliminar extensas áreas de floresta especialmente no bioma Cerrado, não garantido uma política verdadeiramente sustentável que requer a incorporação de critérios sócio-ambientais na elaboração de planos setoriais e transversais, como defende também a ex-ministra do meio ambiente Marina Silva.

1.4 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A AGRICULTURA

O Zoneamento Agrícola dirige a política de crédito rural no Brasil, orientando as regiões brasileiras a plantarem os cultivares que melhor se adaptam a seu território. Os estudos do zoneamento agroclimático na agricultura brasileira se mostraram adequados na seleção das áreas propícias para o plantio das principais culturas brasileiras (milho, soja, algodão, cana de açúcar, feijão, arroz). Não obstante, frente ao panorama atual de mudanças climáticas, as culturas brasileiras modificarão suas regiões de cultivo buscando localidades mais promissoras em termos de temperatura e precipitações nas décadas futuras. Territórios favoráveis para determinados cultivares não serão mais aptos em larga escala, devido a fatores limitantes da capacidade de adaptação das plantas à eventos extremos de estresse hídrico (ASSAD e PINTO, 2008).

Para definir os riscos na agricultura são considerados dados como: temperatura, chuva, índices específicos desenvolvidos para apontar sensibilidade das culturas a eventos extremos que possam ocorrer em fases críticas da vida da planta, a capacidade de retenção de água no solo, a profundidade das raízes das plantas cultivadas, a duração do ciclo, a quantidade de chuva e a variação dos dados observados no período. O balanço hídrico é calculado a partir da evapotranspiração das culturas (a soma entre a transpiração das folhas e a evaporação do solo). Como a produção é diretamente proporcional a área cultivada, considera-se que um impacto na área vai refletir na produção, e conseqüentemente em seu valor. Na maior parte do país a elevação da evapotranspiração com reflexo na deficiência hídrica do solo irá promover um crescimento do risco climático (ASSAD e PINTO, 2008).

De acordo com ASSAD et al. (2008) o zoneamento do risco climático considera a água como fator determinante na restrição do desenvolvimento satisfatório da cultura agrícola. Em estudos efetuados em cenários onde a temperatura sofreria aumento, foram identificadas situações mais ou menos propícias à produção de grãos no Brasil. O estudo do zoneamento agrícola indica em quais condições a planta atingirá sucesso na colheita. Se o patamar apresentar índices de sucesso na colheita abaixo de 80% não se recomenda plantar na região durante o período determinado.

As primeiras conseqüências do aquecimento das temperaturas são: a redução do ciclo das culturas e sua produtividade. Essas alterações na temperatura ocasionariam alterações no comportamento fisiológico da planta como exemplo a época da floração; também citado por Larcher (2000) com maior profundidade. Com o aumento nas temperaturas ocasionado pelas mudanças climáticas, haverá aumento na evapotranspiração, aumento na atividade das plantas e uma redução do ciclo hidrológico

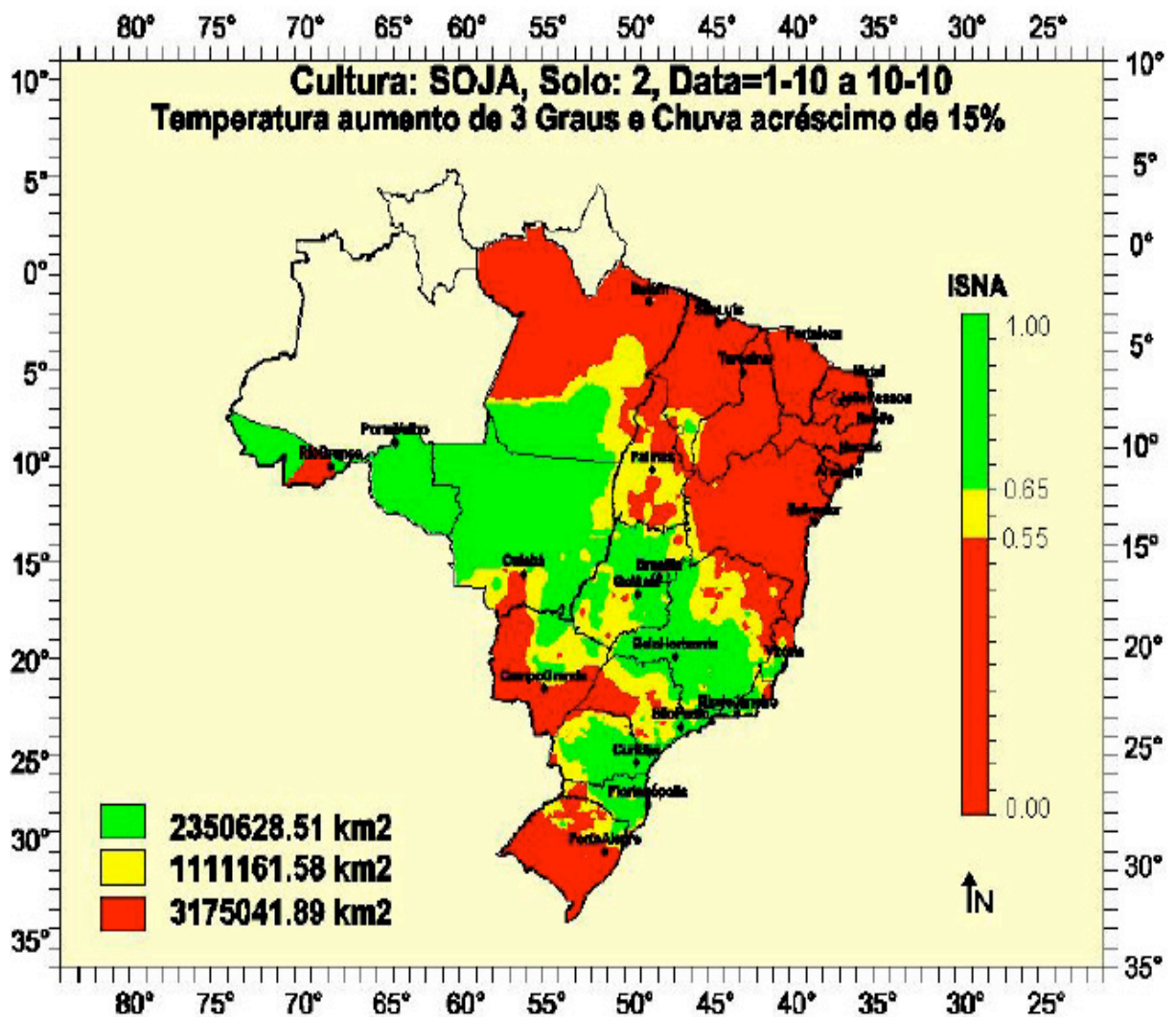
É prognosticado que a maior parte das culturas agrícolas sofram perdas até a década de 2070, em maior ou menor intensidade. Essas perdas podem ser amenizadas em

circunstâncias que propiciem incentivos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. As perdas nas safras de grãos que podem chegar a R\$ 7,4 bilhões em 2020, podem alcançar cifras próximas a R\$ 14 bilhões em 2070. Ainda assim, cultivares como a cana de açúcar e a mandioca podem dobrar sua ocorrência pelo país, devido as condições mais quentes e favoráveis a essas plantas. O estado do MT pode sofrer perdas e reduções de até 40% em 2070 de sua área apta na produção da soja. Levando o estado a um prejuízo de até R\$ 7,6 bilhões. Já a cana de açúcar deve espalhar-se por quase 17 milhões de hectares em 2020, de acordo com o cenário B2 do IPCC; entretanto, com o contínuo aumento das temperaturas a cultura precisará de mais irrigação (ASSAD e PINTO, 2008).

Dos cerca de 83% de áreas cobertas por florestas na Amazônia, 18% já foram desmatados. 36% de suas áreas desmatadas são responsáveis pela pecuária e 39% da produção de soja nacionais. Estima-se que 74% das cabeças de gado ocupam áreas que já foram floresta um dia. A conversão da mata para pasto e plantações também causou danos em outros biomas. A expectativa do aumento da temporada de seca deve afetar dramaticamente o custo de produção na pecuária, pois os produtores dependerão de grãos para alimentar o gado para compensar a falta de pasto. O custo de produção poderá variar de US\$2,88/kg até US\$4,16/kg nos piores cenários (IBGE apud ASSAD e PINTO, 2008).

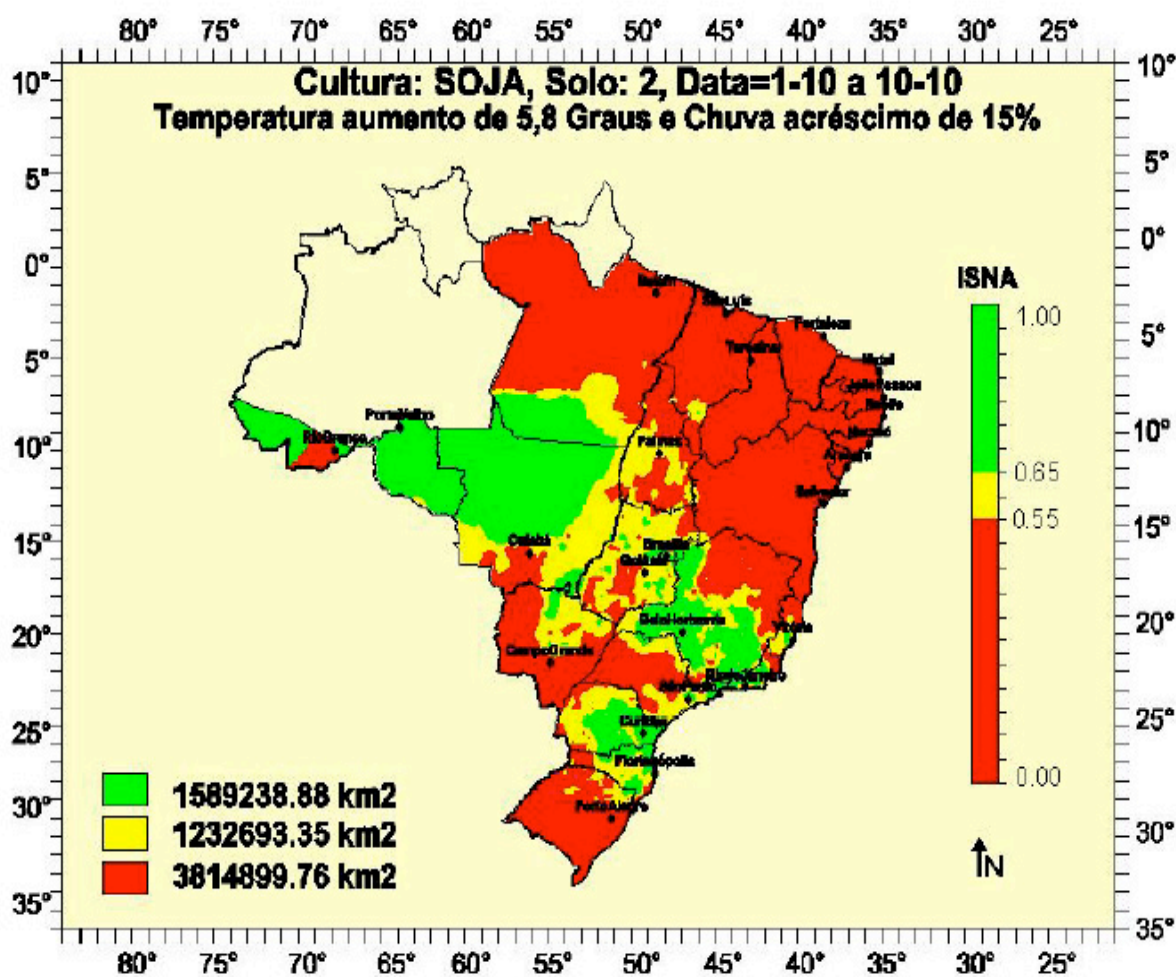
De acordo com as estimativas encontradas nos modelos de simulação de ASSAD et al. (2008) as perspectivas apontam para diminuição das chuvas no ano de 2050. O período chuvoso menor acarretaria em profundas modificações no calendário agrícola da região centro-oeste. No zoneamento utilizam-se modelos matemáticos onde se analisa as reações fitofisiológicas das plantas em relação ao aumento de CO₂ e temperatura, ou a variação espaço temporal da planta em variação ao balanço hídrico e a temperatura.

No primeiro caso os modelos são mecanísticos e no segundo caso, estatísticos. No estudo particular da soja, plantada em primeiro de novembro, existe uma área favorável para o plantio especialmente no Mato Grosso, contudo, com um aumento das temperaturas de três graus, é esperada uma redução na produção, ou mesmo inviabilidade da ordem de 50% na região Sudeste, e em outras regiões do país. Com um aumento de 5,8 graus, o norte do estado do Mato Grosso permaneceria cotado como uma das melhores regiões para o plantio da soja, ao contrário das demais regiões do estado, o que acarretaria problemas de ordem ambiental e socioeconômica, devido a expansão da fronteira agrícola em direção a Floresta Amazônica. Caso não sejam tomadas medidas enérgicas quanto às capacidade de adaptação e mitigação frente aos aumentos de temperatura, o equacionamento dos interesses ambientais e do setor da agropecuária entrarão em conflito. Ver mapas 5 e 6:



Mapa 5 Áreas propícias para o plantio da soja, apontando respectivamente condições de temperatura com aumento de 3 graus centígrados. Probabilidade do cultivo se adaptar a região

É importante ressaltar que a simulação destes cenários não incorpora nas suas condições iniciais diversos aspectos relevantes para a projeção de cenários agroclimáticos, uma vez que a modelagem ainda não contempla toda a complexidade da interação entre o sistema climático e os sistemas agroprodutivos. Entretanto, as simulações são úteis ao fornecerem referencial para o planejamento de estratégias de adaptação e mitigação envolvendo o uso da terra.



Mapa 6 Áreas propícias para o plantio de soja, apontando respectivamente condições de temperatura com aumento de 5,8 graus Centígrados ISNA – Probabilidade do cultivo se adaptar a região.

Uma das culturas menos afetada pelo aumento da temperatura é o milho, por ser uma planta C4 está mais adaptada às altas temperaturas e a maior incidência de radiação, assim como a cana de açúcar. Ao contrário, a cultura do café sofreria drasticamente com um aumento de 1 grau de temperatura na região de Minas Gerais, e com um aumento de 3 graus, praticamente inviabilizaria a produção no Estado, acarretando em perdas de mais de 500 milhões de dólares. Essas previsões só ocorrerão se forem mantidas as características genéticas das culturas existentes. Provavelmente essas condições climáticas ocasionarão um forte impacto no agronegócio brasileiro. A agrossilvicultura, como solução, pode em parte reduzir as emissões de GEE, e incrementar as pesquisas em biotecnologia. Investir em sistemas agrícolas mais eficientes auxiliaria na limpeza da atmosfera. A biotecnologia permitirá que diferentes cultivares possam ser adaptados às condições resultantes do aquecimento global (ASSAD et al. 2008).

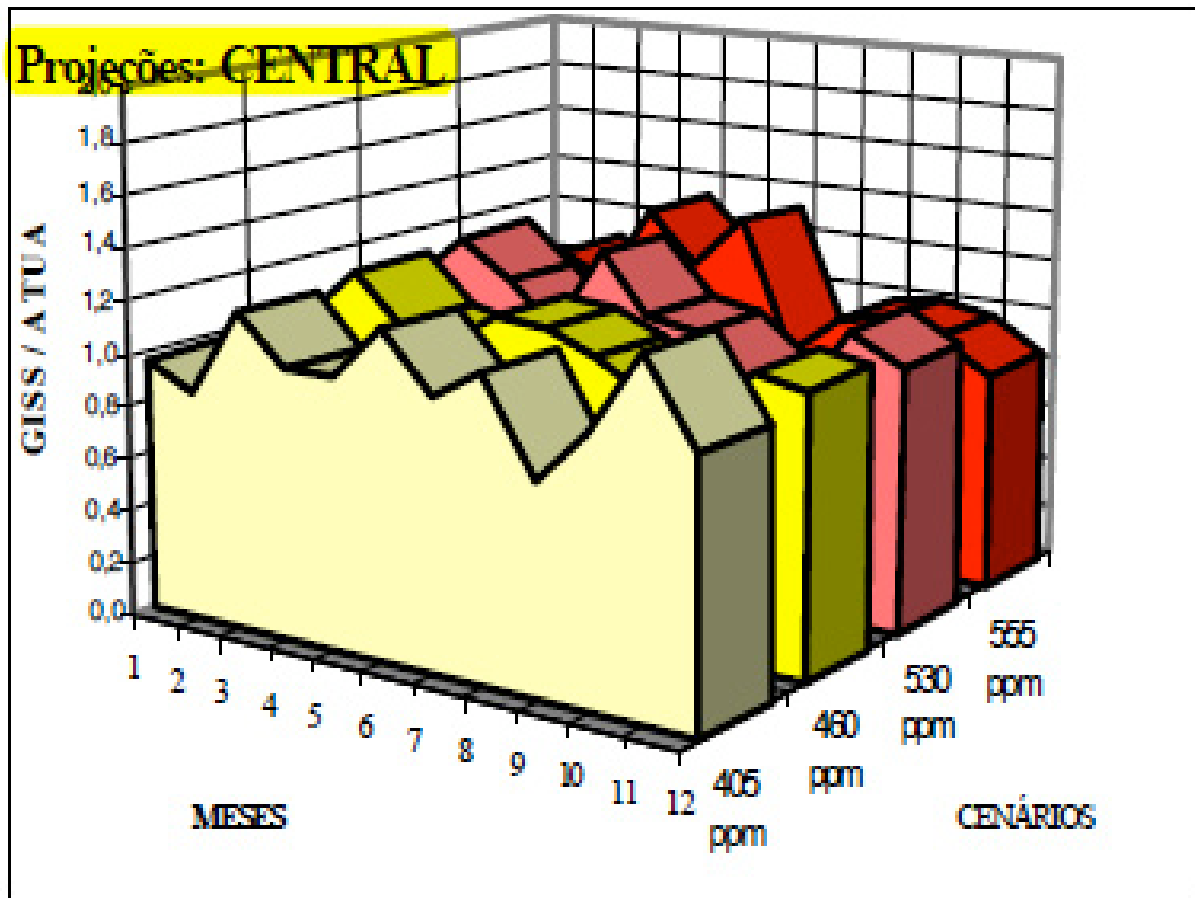


Ilustração 1 Projeções das precipitações de acordo com os diferentes cenários de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. O gráfico representa a parte Central do Brasil. Se comparado às demais regiões do trabalho de Siqueira et al (2000), esta é a que apresenta a menor variabilidade. Siqueira et al. (2000).

SIQUEIRA et al. (2000) por meio de ferramentas de modelagens de dados analisou cenários climáticos e seus impactos nas principais culturas brasileiras, em todas as regiões do Brasil. A simulação com dois modelos CERES e SOYGRO apresentou redução de 1,2 a 3,5 milhões de toneladas para a produção de milho e trigo, e um aumento na produção da soja de 2,8 milhões de toneladas, como resultado do efeito estufa. Da mesma forma que Assad este modelo contemplou variáveis como o solo, a planta e o clima. Nos modelos foram aplicadas implicações climáticas da ordem de 330 até 555 ppmv (partes por milhão por volume) de CO₂ na atmosfera, para os anos de 2010 até 2060. Os modelos apresentaram reduções nos volumes de chuvas no inverno e na primavera, e podendo representar risco na atividade agrícola e agravamento de conflitos relativos à disponibilidade de água.

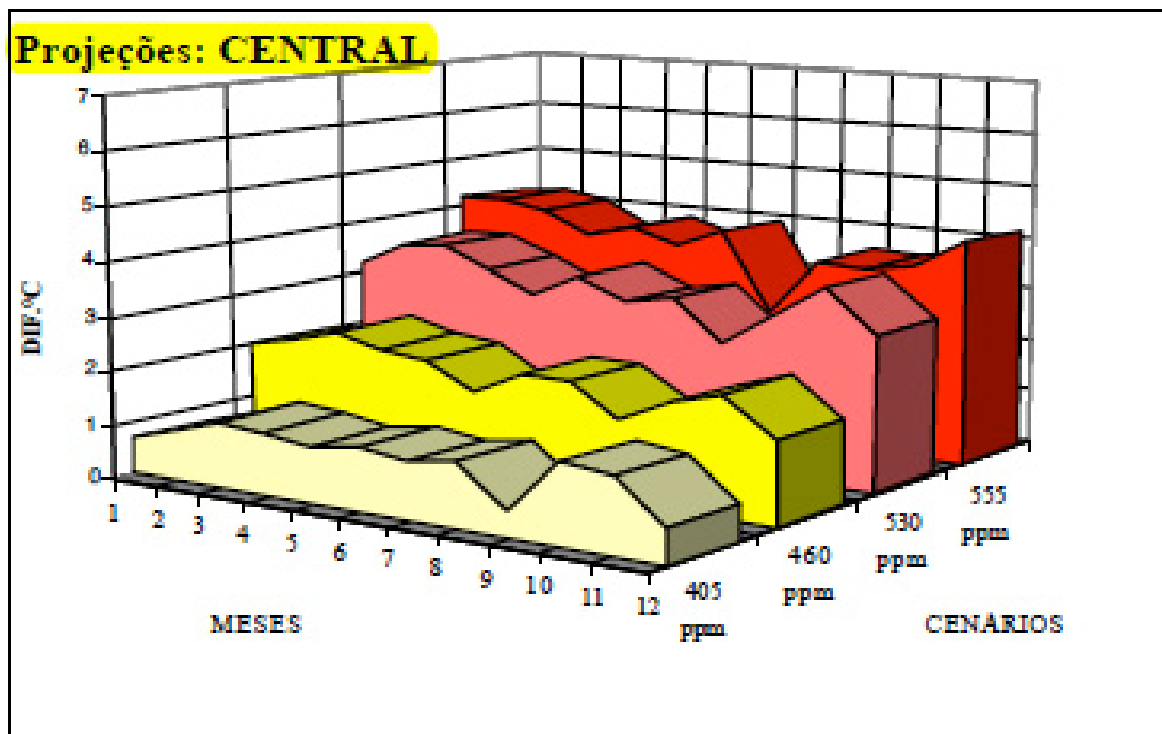


Ilustração 2 Projeções das temperaturas de acordo com os diferentes cenários de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. O gráfico representa a parte Central do Brasil. Se comparado às demais regiões do trabalho de Siqueira et al (2000), esta é a que apresenta a menor variabilidade. Siqueira et al. (2000).

A produção de grãos e biomassa relacionou-se inversamente com a duração do ciclo da cultura, sendo a redução mais expressiva no Centro-Oeste. Para a cultura da soja, diferentemente do trigo e do milho foram estimados reflexos positivos na produção de biomassa e grãos, em relação aos cenários dos aumentos de concentração de CO₂ na atmosfera, em contraponto aos efeitos negativos do aumento das temperaturas divergindo um pouco em relação aos estudos de ASSAD et al. (2008). Também foram detectados efeitos pouco expressivos na duração do ciclo da cultura. Essa compensação dos efeitos da fertilização de CO₂ em detrimento do aumento das temperaturas precisa de maiores detalhes e pesquisas.

ASSAD et al. e SIQUEIRA et al. acham pertinente que pesquisas com novos genótipos e práticas de manejo devam ser desenvolvidas para maximizar os benefícios das culturas. O aumento da soja pela fertilização por carbono pode aumentar a produção dos grãos em até 27%.

PELLEGRINO et al. (2007), cita que o Brasil firmou o tratado de conservação e de desenvolvimento sustentável das florestas tropicais no ano de 2007 com outros países também detentores de florestas tropicais; salientando que este tratado reafirma as obrigações e alianças firmadas na ECO 92, na agenda 21, entre outros objetivos. Para Pellegrino o modelo de agricultura do Brasil precisa ser revisto. O processo de queima e derrubada com a desculpa da produção de alimentos não é mais válido. Faz-se necessário avaliar as emissões do setor agrícola e propor novos meios de mitigar e adaptar à

agricultura brasileira diante dos desafios climáticos e o desenvolvimento sustentável.

Iniciativas como o Agrogases (http://www.cnpma.embrapa.br/clima/rede_agrogases/), quantifica e mede as emissões dos diferentes usos da terra no Brasil. Esses dados servirão no futuro na modelagem de cenários e na construção de uma rede integrada de dados para fortalecer o processo de decisão dos formuladores de políticas públicas. Para combater os impactos, os pesquisadores e o poder público necessitam saber com maior precisão quais serão as conseqüências das mudanças climáticas na agricultura, e partir dessa situação, encontrar alternativas e soluções adequadas para a contínua eficiência de gastos e lucros da atividade agropecuária. Sempre avaliando suas implicações para o meio sócio-ambiental.

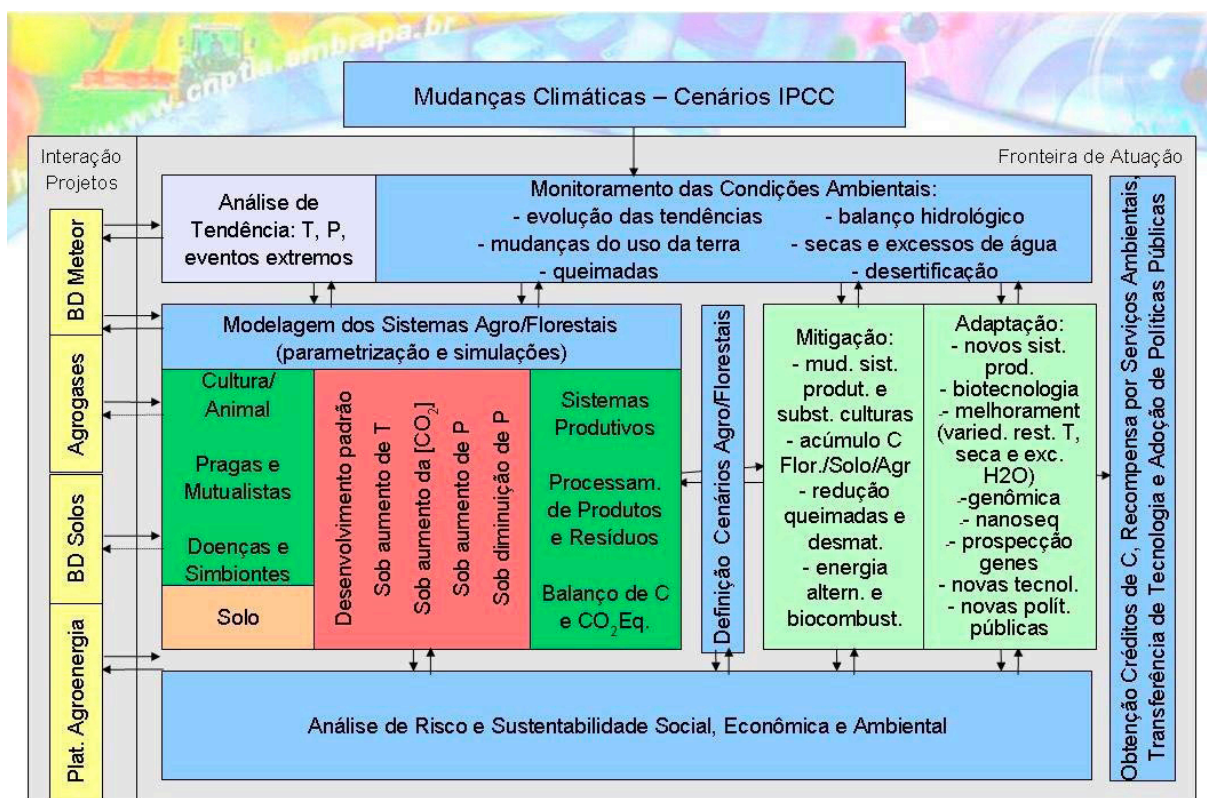
Alguns sistemas de monitoramento do tempo e da agricultura já foram criados, como o Agritempo; o Zoneamento Agrícola do Brasil – riscos climáticos e atualização; e o Zoneamento de Riscos Climáticos com abordagem na agricultura familiar, na bioenergia e nas pastagens. Esses projetos buscam desenvolver modelos específicos para cada estado e cultura, gerando uma infinidade de mapas que permitem a compreensão maior da problemática por todos atores envolvidos. Para PELLEGRINO et al. (2007), as espécies perenes terão maior dificuldade de adaptação pelo estresse de falta de água durante o período mais seco do ano. A fertilização por carbono é um ponto positivo, contudo as experiências no campo não comprovem a efetividade desse mecanismo em larga escala.

Mudanças no uso do solo devem ser da melhor forma possível detectadas e embutidas no processo de modelagem permitindo uma reprodução mais fidedigna dos resultados. Essa modelagem deve contemplar efeitos sobre a biodiversidade e os recursos genéticos, pois garantirão a manutenção das populações que dependem dela nos diversos biomas brasileiros; e mesmo, princípios ativos que possam garantir o sucesso da adaptação às novas condições ambientais (antropogências). Algumas diretrizes devem ser seguidas para que a modelagem e todo o pacote operacional que será transmitido ao público seja fiel à realidade do estudo a que se pretende: o surgimento de tendências nos dados pluviométricos devem ser monitoradas; as mudanças no uso da terra, queimadas, e desmatamento; o balanço hídrico; secas e água em excessos como já ocorre atualmente no Sul do Brasil (nos episódios do final de 2008, afetando a área do Vale do Itajaí, com excessos de chuva, e as recentes secas nas regiões do oeste do sul do Brasil; e finalmente os processos de desertificação).

Do mesmo modo, PELLEGRINO et al. (2007) cita que os insetos e microorganismos do solo devem ser monitorados pois deles depende o processo e o balaço de nutrientes, como o carbono acumulado. Como adaptação podem ser introduzidas novas culturas, onde antes não eram aptas. Estratégias de conservação de água, mudanças nas datas de plantio, adoção de métodos alternativos como agricultura orgânica e novas tecnologias, mais limpas e ambientalmente eficazes. O uso da biotecnologia, da bioinformática e do

nanosequenciamento podem aumentar a resistência de variedades de plantas ao estresse hídrico e temperaturas mais altas, ou mesmo o alagamento. Esses sistemas produtivos devem incluir componentes focados na segurança, eficiência da sustentabilidade dos sistemas atuais, assim como dos cenários previstos, com uma visão integrada dos impactos sociais, ambientais e econômicos.

Como aproveitamento energético podemos citar a queima da cana de açúcar e o aproveitamento do esterco suíno para produção e geração de energia.



Quadro 3 Representação esquemática do sistema proposto por Pellegrino et al. (2007) contemplando a integração de diversos sistemas, como o input de dados até os processos decisórios referentes aos resultados encontrados na modelagem agroclimática.

A produção agrícola brasileira cresceu para atender as exportações em detrimento das necessidades do mercado interno, a redução dos níveis de produção devido as mudanças climáticas poderão provocar uma redução das principais linhas de exportação. Caso a tecnologia não consiga impactar o efeito negativo das mudanças do clima, o ajuste terá de ser feito com o aumento do preço dos alimentos e fibras ao tentar recuperar a relação de troca.

Cabe ao setor agrícola encontrar soluções a médio e longo prazo para minimizar essas perdas. A adoção de práticas que impeçam o avanço do desmatamento e a recuperação dos mais de 100 milhões de hectares degradados podem abrigar a expansão agrícola, sem que seja necessário derrubar as florestas.

Soluções previstas por meio de estudos recentes incluem a integração da pecuária e a lavoura, o uso de sistemas agroflorestais, agrossilvopastoris, o manejo do sistema de plantio direto e a redução de fertilizantes a base de nitrogênio, e o enriquecimento orgânico das pastagens pode reduzir as emissões de metano pela pecuária.

Atualmente cerca de 70% do alimento produzido para mesa brasileira provém da agricultura familiar. As frutas em sua maioria estão nas mãos das famílias. Com maior crédito e incentivos em educação e tecnologia, a produção familiar pode alavancar o desenvolvimento social e ambiental de várias regiões brasileiras, mitigando impactos possivelmente produzidos pelo clima. A agricultura que conta com uma história longa de responsabilidade na emissão de gases de efeito estufa, agora é vítima de sua própria imprevisão. Não obstante, ela tem o papel de remediar ou mitigar os efeitos causados por suas atividades nos últimos séculos de atividade antrópica (ASSAD e PINTO, 2008).

Soluções como o confinamento da pecuária pode inibir maiores desmates nas áreas de florestas. A rotação de culturas, a adaptação dos genes de espécies nativas resistentes ao clima local (transgênicos de segunda geração), o sombreamento com o auxílio de árvores assim como métodos mais sustentáveis de manejo do solo podem evitar o excesso de gases de efeito estufa emitidos a atmosfera por conta do uso do solo.

Por fim, maiores taxas de evapotranspiração esperados pelos modelos climáticos e uma redução gradual nas chuvas por conta do desmatamento influenciarão o ciclo hidrológico em regiões tropicais como o Norte do Mato Grosso, ocasionando estresse hídrico para as florestas e os cultivares. A redução do potencial de percolação nos solos pela ausência de vegetação arbórea, e a redução da quantidade de água armazenada nos aquíferos durante períodos de estiagem intensa, afetará toda a dinâmica social, ambiental e econômica do MT, desestruturando as principais bases de sustentação e desenvolvimento do estado, que dependem da disponibilidade hídrica para a produção de matéria prima.

PARTE II

2 O ESTADO DO MATO GROSSO E A BR-163

A revolução verde é um modelo técnico e de política agrícola no mundo, com sua utilização de adubos, produtos fitossanitários e a monocultura. Hoje se fala da revolução duplamente verde = desenvolvimento sustentável (socialmente e ambientalmente aceitável). O Mato Grosso é um dos maiores atores brasileiros na revolução verde e está propenso a revolução duplamente verde por conta dos ativos ambientais do seu território, e também pelos seus passivos, os quais o estado tem o dever de recuperar.

O desmatamento no Mato Grosso é carro chefe em algumas regiões, como no noroeste e no norte do Estado. O desmatamento no MT pode ser dividido em direto (corte raso) e indireto (uso posterior das terras pelas culturas indígenas, queima para o plantio agrícola e regeneração/corte seletivo de espécies). Após o corte raso da floresta, a floresta secundária que ressurge tem apenas 35% das espécies originais (dependendo da intensidade do impacto) e muitas vezes o processo de morte das plantas é irreversível, contudo, em áreas de pouco desmatamento a resiliência⁴ do ecossistema é elevada.

O Mato Grosso tem forte dependência dos mercados externos. Somente agricultores exportadores e grandes empresas têm incentivo à agricultura, em contrapartida, propriedades rurais pequenas sofrem com os elevados preços de insumos agrícolas, tornando sua produção inviável e pouco competitiva. O movimento MST de luta a favor da reforma agrária é contra as amarras tecnológicas e latifundiárias dos grandes produtores rurais. Os líderes do movimento almejam tornar viável alternativas locais, e não apenas utilizarem pacotes tecnológicos fechados. Nesse caso, contemplam a utilização de sistemas agroecológicos que melhoram a opção pela agricultura familiar. A agricultura familiar que é pouco assistida pelo estado, poderia ter maior chance de se diversificar e ganhar mercado pois sua produção seria voltada para bens que necessitam de capital humano para sua produção, processamento e liberação, como produtos hortifrutigranjeiros e futuramente créditos por captura de carbono.

As tecnologias sustentáveis, os saberes e habilidades de perenização da vida, a ética sustentável com sua perspectiva futurista sofrem no Brasil por conta da insuficiência da demanda por uma sociedade mais ambientalmente igualitária. Há emergência de uma posição não cega ao progresso, mas oposta ao progresso cego (BURSZTYN, 2005). O

⁴ Está vinculada à capacidade que um ecossistema tem de sofrer perturbações e absorvê-las, sem perder suas propriedades fundamentais nem deixar de cumprir suas funções mais importantes.

neoliberalismo como crescimento acima da equidade, a eficiência e a competitividade acima da qualidade de vida e o meio ambiente, alteram o balanço da sustentabilidade entre considerações ecológicas, sócio-econômicas e políticas.

O Mato Grosso deve buscar um tratamento dos conflitos sócio-ambientais e um diálogo de cooperação que procure eliminar as causas básicas dos conflitos fundiários e tentar substituir as relações de desconfiança por ações de colaboração entre as partes. Os bens naturais ficaram ao desalento das proteções legais derivadas dos modernos direitos da propriedade privada. Os bens públicos, como as florestas, quando sem controle sobre o número de seus consumidores, tendem a ser sucateado pelo sobre-consumo. Os proprietários de terra no Mato Grosso respondem apenas perante o mercado, ocasionando um prejuízo ambiental coletivo. Há uma omissão do gestores públicos (BURSZTYN, 2005, adaptado).

As leis podem auxiliar no combate das externalidades ambientais e transformam cidadãos em agentes ambientais fiscalizadores e modificadores, responsáveis pela vigilância dos recursos naturais do bem público.

A BR-163 no Estado do Mato Grosso é palco da dinâmica discutida anteriormente, e pode servir de laboratório no que tange ao melhor entendimento das inter-relações e a transversalidade entre os temas. Citam-se as políticas públicas e as suas influências no uso e ocupação do solo, e as conseqüências destas nas mudanças climáticas com ênfase na perda de recursos hídricos, que afetam diretamente os aspectos sociais, ambientais e econômicos do país e da produção animal e vegetal no MT.

Desde a década de setenta a área da BR-163 recebe um fluxo considerável de brasileiros que migram do sul (criando colônias) e do nordeste para o norte e oeste do Brasil. Eles foram encorajados e atraídos pelo governo Federal, que prometeu terras para agricultura, pastos e a reforma agrária. Políticos estavam ansiosos para estimular a colonização do interior do país; a meta era ocupar as áreas isoladas e desenvolver assentamentos agrários (agrovilas), e se razoável, delegar o direito de exploração da floresta aos novos moradores. A vegetação da região, praticamente impenetrável, impulsionou o governo federal na ocupação dos territórios amazônicos. No seu ímpeto de garantir a soberania nacional, (alavancando a produção agrícola do país) favoreceu a construção da rodovia interestadual, chamada de BR – 163; a rodovia promoveu o acesso, o transporte de mercadorias e a absorção de imigrantes que agenciaram o uso da terra. Na época, a construção da rodovia não contemplou medidas sociais e públicas de precaução, e muito afora controlou a absorção populacional pela região, o saldo foi a perda de ecossistemas, biomassa e o incremento das condições de vida precárias para os imigrantes (PASSOS, 2007).

Esses conflitos tiveram origem no descaso do cumprimento de leis e ausência do estado, e a dificuldade de inspeções em áreas remotas do centro de controle administrativo e fiscalizador do país. A BR-163 atualmente é uma artéria de destruição ambiental e de perda de biodiversidade na Amazônia Brasileira. A situação de conflito é mais perceptível nos filamentos da rodovia principal, plantações de soja florescem (demandas do mercado externo) aliadas ao pastoreio, mineração e a queima tradicional de vegetação, resultando em taxas incompatíveis com a conservação ambiental. Recentemente, o governo tenta finalizar as áreas não pavimentadas da rodovia no estado do Pará; comitês foram criados para discutir a problemática gerada entre os atores civis, privados e públicos da sociedade, como o Plano BR-163 Sustentável (PASSOS, 2007).

Em vista da visita de campo na área antropizada, foi redigido relatório com o atual panorama da região, conforme vivenciado em viagem efetuada no mês de julho do ano de 2008, no percurso da BR-163 de Cuiabá até Alta Floresta, perpassando pontos da BR-163. Alguns municípios principais e representativos foram elencados e abarcados. No relato constam exemplos de administração e gestão pública ambiental e de alternativas de sustentabilidade no norte do estado do Mato Grosso, que afetam de forma negativa e positiva o ciclo hidrológico.

Na página seguinte um organograma desenvolvido em parceria entre o pesquisador do CDS (Nathan Debortoli) e a pesquisadora Le Chen do Centro LEI (*The Agricultural Economics Research Institute*) Instituto de Pesquisa em Agricultura e Economia na Holanda, integrante do Projeto LUPIS (*Land Use Policies and Sustainable Development in Developing Countries*) Políticas Públicas e o Desenvolvimento Sustentável em países em Desenvolvimento na União Européia, ilustrando as diversas atividades e como a dinâmica do sistema de interação entre as esferas ambientais, sociais, econômicas e institucionais funcionam na área de fronteira no estado do Mato Grosso.

De acordo com o organograma na página 51, vemos que as forças modificadoras da região que causam benefícios econômicos (desmatamento, globalização, imigração, produção de *commodities*) também são responsáveis por uma complexa cadeia de acontecimentos que formam efeitos em cascata, atingindo de forma significativa os 3 pilares da sustentabilidade (econômicos, sociais e ambientais). Há uma gama de políticas conflituosas quanto ao manejo dos recursos naturais e o estabelecimento de regras para o seu usufruto; essas, resultam em inconsistência política que engendra um fraco poder de comando e controle por parte do governo no que toca as questões socioambientais. Uma vez enfraquecidas, as políticas e leis não barram os processos do desmatamento ilegal que ocasionam severas conseqüências em toda cadeia produtiva de alimentos, e a própria resiliência dos fluxos ecossistêmicos que garantem o provimento dos serviços ambientais da floresta. A falta de planejamento e de um zoneamento adequado das áreas produtivas,

geram perda da biodiversidade e o conflito fundiário de exclusão da agricultura familiar em detrimento do modelo concentrador de renda e de recursos, o oligopólio das multinacionais. Tal cenário também prejudica os grandes produtores a longo prazo, pois estão fadados a perder a produtividade dos solos por conta do uso excessivo de insumos agrícolas (viciando o produtor na compra de fertilizantes químicos, agrotóxicos, pesticidas e fungicidas) e da quantidade de água limpa disponível por conta da poluição nas propriedades.

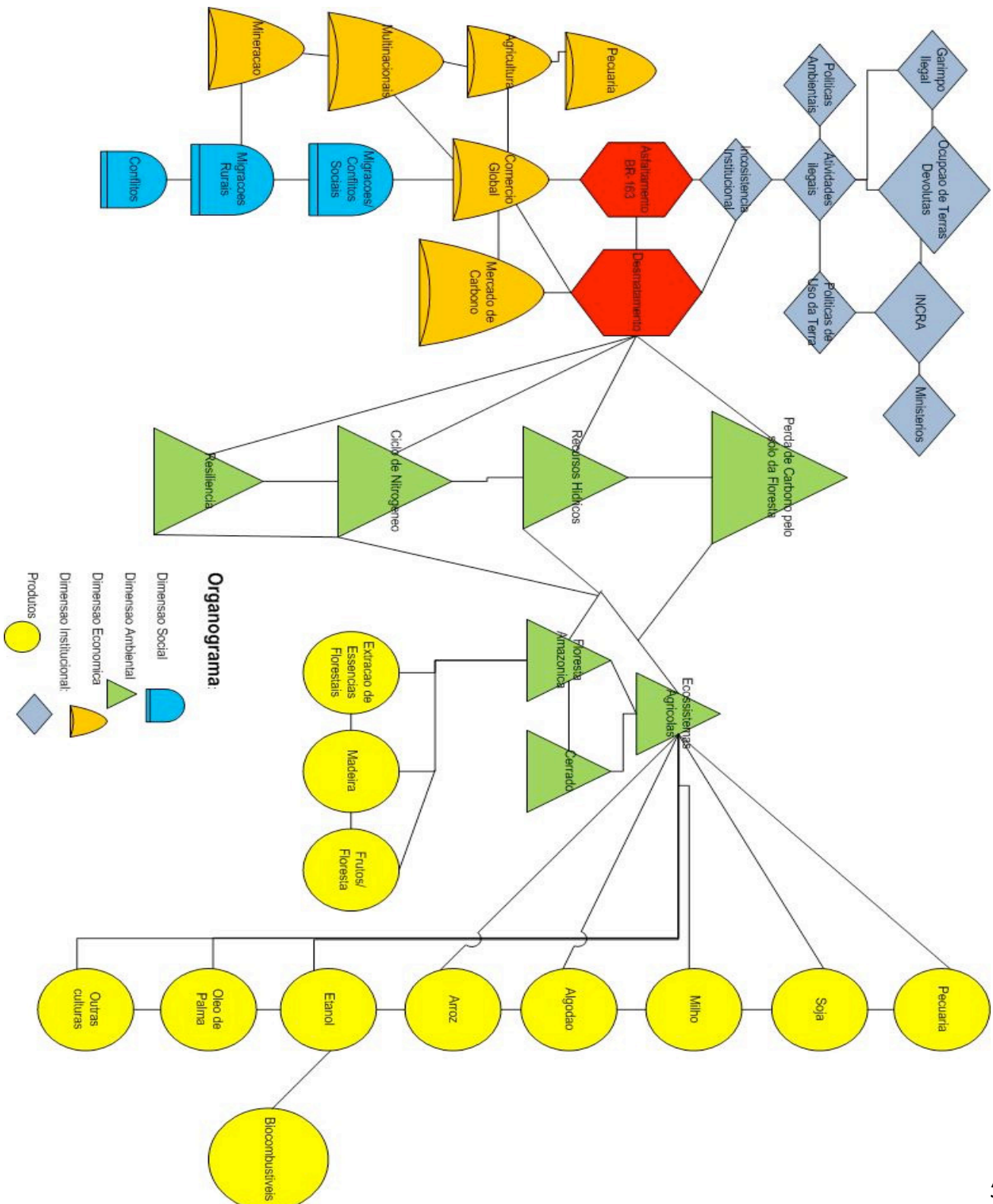


Ilustração 3 Organograma de relações causais na área de conflito da BR-163 no Norte do Mato Grosso. Na legenda explícito na cores e formas das figuras, as respectivas dimensões da sustentabilidade.

2.1 RELATO: BR-163 GESTÃO PÚBLICA E ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS

O projeto LUPIS (*Land Use Policies and Sustainable Development in Developing Countries*) no qual o pesquisador (Nathan Debortoli) esteve engajado durante o mestrado, buscou o entendimento dos conflitos ambientais e sociais contemporâneos da área de influência da rodovia BR-163, e as políticas públicas federais no Estado do Mato Grosso. Com esse desígnio, o projeto envia à campo dois mestrados acadêmicos (Nathan S. Debortoli e Diego Lindoso), do Programa de Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília CDS/UNB. A viagem teve início na data de 28 de Junho prolongando-se até a data de 14 de Julho de 2008; os mestrados contaram com suporte financeiro e logístico da Universidade de Brasília, do Projeto LUPIS, e do Projeto DURAMAZ da Universidade de Rennes na França (Laboratório COSTEL). Tais projetos atuam em sinergia e estão vinculados ao CDS - especificamente no que tange o desenvolvimento sustentável na rodovia BR-163.

O grupo de pesquisa partiu da cidade de Brasília em dois carros 4x4, do corpo diplomático Francês, que foram gentilmente cedidos pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da França (*Institut de recherche pour le développement - IRD*) por meio de Laurent Durieux (Coordenador do Projeto SEAS – Vigilância do Meio Ambiente por satélite no Brasil) funcionário do governo Francês, que acompanhou os mestrados e doutores do CDS e DURAMAZ durante o percurso.

BR-163 Cuiabá - Alta floresta

De Cuiabá até o município de Sorriso (396 km pavimentados), foram observadas diversas atividades econômicas ao longo da rodovia, grande parte, estritamente vinculadas à produção agrícola e pecuária. No trajeto é possível identificar extensas propriedades de terras privadas (fazendas) onde são cultivados: o milho, a soja, o algodão, o arroz, a Teca (árvore exótica, sua madeira é utilizada em fornos), a seringueira na extração de látex, o eucalipto, e a exploração de minérios para a produção do calcário, que é utilizado na preparação do solo para o cultivo das 3 primeiras e principais culturas citadas. A vegetação visualizada durante o trajeto é altamente antropizada, com pequenos resquícios de cerrado e floresta mesófila⁵ de médio a pequeno porte. Como o relevo é suave, possibilitou uma amplitude das vistas e uma fácil identificação das linhas de observação da paisagem no horizonte.

⁵ Floresta de transição entre o Cerrado e a floresta Amazônica.



Fotografia 1 Cultivo de Algodão ao longo da BR-163 próximo ao município de Sorriso (MT).



Fotografia 2 Milheto, soja e Área de reserva legal próximo ao município de Sorriso (MT).

O município de Sorriso (MT) é o maior produtor de soja mundial, justificando o codinome da cidade: “Rainha da Soja”; as atividades econômicas estão ligadas a soja, o milho, o arroz, e mais recentemente a criação de suínos e aves. A pecuária extensiva é praticada na entre safra, quando o capim plantado pós-safra é utilizado para a proteção e cobertura do solo. Durante a visita ao município foi efetuada visita à fazenda produtora de grãos (Santa Marta), e um projeto de desenvolvimento sustentável (recuperação de matas ciliares da empresa Eco da Mata).

De acordo com Everaldo F. Barros, da empresa Eco da Mata, o programa de desenvolvimento sustentável *Sorriso Vivo*, surgiu pela sensibilização do CAT (Clube Amigos da Terra) e da AGROMAT (empresa de equipamentos agrícolas) preocupados com a degradação do solo no município, e a retirada ilegal de áreas de mata ciliar, ademais do não cumprimento da legislação ambiental por parte dos fazendeiros. O programa inicialmente visa o reflorestamento e recuperação de áreas de APP⁶, especialmente as matas ciliares nas fazendas. Everaldo ao notar a necessidade de um maior suporte à implementação e recuperação das áreas degradadas, criou a Empresa Eco da Mata, que dá assistência e

⁶ Área de preservação permanente.

vende mudas nativas para os proprietários rurais para a recuperação das reservas legais e matas ciliares.



Fotografia 3 Paisagem antes coberta por Floresta Mesófila, agora solo exposto à espera do cultivo da soja, às margens da BR-163 no município de Sorriso (MT).



Fotografia 4 Vista da fronteira entre a Floresta e Campo de pastagens no município de Sorriso (MT).

Conforme Everaldo explica, a prefeitura de Sorriso divulga o projeto Sorriso Vivo, mas não utiliza instrumentos legais para a fiscalização e recuperação das áreas de APP, o que torna muito precário a absorção do mesmo pela comunidade. Existem incertezas quanto à viabilidade do projeto em longo prazo, visto que muitos produtores a montante e a jusante, ainda não estão de acordo, e os órgãos públicos locais divergem quanto a interesses sustentáveis para a região, ou seja, não tomam iniciativa no cumprimento das leis de gestão florestal. A recuperação das áreas danificadas de APP têm um custo de R\$ 2.500,00 reais por hectare, sendo efetuado o plantio de 1.000 mudas por hectare.

O chefe do projeto comenta que as empresas ADM e a BÜNGE deveriam ser suscitadas, a fim de auxiliar na conscientização, proteção e recuperação das áreas de floresta, tais multinacionais lucram em detrimento do empobrecimento do solo da região. A pressão por maiores cuidados com o meio ambiente é somente da União Européia. A produção de soja, milho e gado no mesmo ano exige muito do solo. No caso do milho, existe aproveitamento para os biocombustíveis e para alimento, e a safrinha, tem sido mais produtiva que a produção do milho comum. O reflorestamento com espécies exóticas, para a utilização das empresas locais no suprimento da demanda de lenha em secadores, é de

eucalipto, das espécies *Urugrandes* 1 e 2 (400 hectares na região de Sorriso), também providos pela empresa Eco da Mata.



Fotografia 5 Multinacional as margens da BR-163 sentido trajeto de Cuiabá/Sorriso (MT).



Fotografia 6 Empresa Bunge em Sorriso (MT).

O projeto da empresa Eco da Mata foi divulgado em uma revista regional da cidade de Sorriso, onde é revelado à comunidade as técnicas e o maquinário moderno como exemplo, o subsolador, utilizado no manejo ecológico na bacia hidrográfica de Sorriso. No que tange ao manejo do reflorestamento nativo, optou-se por fazer o plantio de espécies pioneiras e secundárias ao mesmo tempo, pois outras experiências demonstraram resultados negativos, no plantio são utilizadas técnicas de mecanização e o uso de herbicidas menos contaminantes. O fósforo é utilizado em 45 cm na superfície do solo, a terra é afogada e posteriormente é distribuído o fertilizante uniformemente.

O chefe do projeto explica que nas áreas de nascentes, são preservados 100 m, 3,6 hectares em um raio de 360 graus em círculo. Para 1 hectare, são necessárias 2 horas de serviço, e cinco pessoas no caso do eucalipto. No caso das mudas nativas, são plantadas à mão e falta maquinário adequado. É dada assistência de 1 ano, se o cliente (fazendeiro) desejar, ele pode optar por receber manutenção de 1 ano pelo preço de R\$ 3.500; taxa de assistência técnica é de 100 reais por hectare. Os procedimentos incluem: limpeza, rochagem, controle e cerceamento. Atualmente 1% da área cultivada é de APP em

beiras de rios, nascentes e beiras de barragens. De 40 a 50% das fazendas já efetuam esse controle, principalmente as de grande porte, por interesses no mercado internacional. O plantio de plantas nativas é realizado de novembro até março, e o do eucalipto todo o ano. As plantas ganham um tratamento para sua rustificação, pois estão sujeitas ao pleno sol e pragas. Já existe mais de 100 espécies nativas germinadas pela empresa (técnicas de cultivo foram descobertas com constantes testes), a área de produção da empresa no momento parece ser adequada para a demanda na região.

Na fazenda Santa Maria – o gerente da produção de grãos recebeu o grupo de pesquisadores. O engenheiro agrônomo esclareceu que a fazenda Santa Maria é exemplo de conservação de áreas de APP na região de Sorriso, tendo em seu território mais de 40% de áreas de mata nativa preservadas. A fazenda é lar do pioneiro projeto de recuperação de APP da empresa Eco da Mata. Ali, foram manejados os primeiros testes com as espécies nativas. A fazenda tem como seu carro chefe de produção a soja, mas também cultiva milho, e o pasto aliado à pecuária, utilizado no período de entre safra. O funcionário da fazenda parece ter pouco interesse pelo projeto e recuperação de matas nativas. Inclusive afirmando que já não existe necessidade de destruir novas áreas para o plantio, o que verificamos contrariamente em outros municípios adjacentes a Sorriso, como se explicará mais adiante. Na visão crítica do pesquisador o projeto da empresa Eco da Mata na área destinada à recuperação das APP, na fazenda Santa Marta, parece sub-dimensionado, lembrando um pomar de espécies nativas. A área é reduzida, e fica em frente à residência principal da fazenda, onde os animais domésticos têm livre acesso na área de manejo, dando um caráter de informalidade ao projeto.

O Município Lucas do Rio Verde próximo à Sorriso atualmente conta com um complexo holístico de desenvolvimento sustentável, patrocinado pela Sadia; o município pretende se tornar o mais ecologicamente correto do Brasil, assimilando o desenvolvimento com a sustentabilidade. O projeto se chama Lucas Legal. Como impressão geral, a cidade de Sorriso apresenta boa infra-estrutura de moradia, e seus habitantes gozam de um padrão de vida elevado, malgrado seu isolamento, há diversas amenidades de serviços, a cidade é limpa, e encerra bonita arquitetura, ademais de bons aparelhamentos de saúde, com diversas clínicas e hospitais bem equipados.

No último dia de estada no município de Sorriso, os pesquisadores complementaram a visita com um reconhecimento da área de desmatamento recente dos municípios de Feliz Natal, Nova Ubiratã e Vera, na área de influência da BR-163. A estrada de acesso aos municípios não é pavimentada e bastante precária, foram percorridos ao total mais de 350 km. O quadro de desenvolvimento do desmatamento na área de abrangência dos municípios é preocupante, vários assentamentos ilegais foram avistados, muitos focos de incêndio, animais silvestres em fuga, e toras sendo retiradas do interior da mata por

caminhões. O que chama atenção no desmatamento encontrado em Nova Ubitatã é a maneira como as matas são rapidamente convertidas em cultivos. Primeiramente, são retiradas as árvores de interesse comercial, posteriormente dois tratores atrelados a correntes derrubam o restante da vegetação, logo após é ateado fogo no local para efetuar a limpeza total da área. A terra é em seguida tratada precariamente e efetuado o cultivo do arroz, até que se aproxime a época do plantio da soja; a terra fica à espera, sendo tratada com calcário antes do lançamento das sementes.

Durante o trajeto ao município de Feliz Natal, a estrada em sua grande parte é ladeada de floresta mesófila densa, com incomensurável riqueza de espécies de animais e plantas, especialmente pássaros. Verificou-se que algumas áreas foram desmatadas e abandonadas, e em outras, pequenos caminhos abertos na floresta levam a propriedades particulares cujo mote é a soja, o milho e o algodão. Assentamentos de pequenas propriedades rurais avistados no trajeto de Nova Ubitatã a Feliz Natal, como exemplo o de Novo Mato Grosso, contam com escolas e um número expressivo de moradias na floresta, o desmate nessas áreas não é tão recente, verificando-se áreas abandonadas pelas redondezas. Próximo a Feliz Natal, os pesquisadores se depararam com uma extensa avenida central, de terra, com construções diversas em ambos os lados. Muitos tratores e máquinas de desmate e poeira constante. A floresta em Feliz Natal é muito densa, com dosséis de 25 a 30 metros de altura, é evidente o desmate, pois a linha de floresta desmatada e o vão vazio é nítido, nenhuma árvore fica em pé, são todas cortadas. As condições de moradia são precárias e a cena local é de luta dos trabalhadores em sua tarefa de “desbravar” a floresta. No restante do trajeto até o município de Vera, a paisagem alternava-se em floresta, pequenas propriedades rurais, caminhos lotados de toras e pequenos assentamentos. Todas as áreas citadas contam com energia elétrica, e a maioria dos colonos são sulistas, principalmente da região do Oeste do Paraná.



Fotografia 7 Floresta sendo queimada em fazenda particular na divisa dos municípios de Feliz Natal e Nova Ubitatã (MT).



Fotografia 8 Aspecto da Floresta após desmate e queima Nova Ubiratã (MT).

Deixando Sorriso os pesquisadores seguiram em direção Norte até Sinop na BR-163, é visível no trajeto de Sorriso a Sinop a paisagem seca, e os diversos cultivos citados anteriormente, entretanto, posterior a Sinop, o ar se torna mais úmido, e a vegetação apesar da época da seca (Julho/Agosto) é verde. Em ambos os lados da estrada após Sinop pode-se avistar propriedades de pecuária extensiva de corte, especialmente de gado Nelore, ou seja, o norte do Mato Grosso diferentemente de Sinop, e o sul, pratica a pecuária como atividade predominante e o comércio da madeira. Existem regiões com mata densa ao longo da rodovia, entretanto, naquelas destinadas a criação de gado, poucas árvores restam, somente castanheiras (algumas cortadas e queimadas), cujo corte é proibido por lei. A castanheira é fonte de renda para os locais por meio da coleta das sementes. Igualmente, diversas palmeiras de babaçu foram avistadas, tais servem de sombra para os animais domésticos e produzem recursos distintos para os fazendeiros. Nas margens da rodovia sem terras se instalaram em casebres de madeira e lona, possivelmente esperando decisão do INCRA referente à questão fundiária da região. Os Sem Terra estavam instalados em condições precárias (barracas de lona e madeira).



Fotografia 9 Assentamento de Sem Terras ao longo da BR-163 de Sinop a Guarantã do Norte (MT).

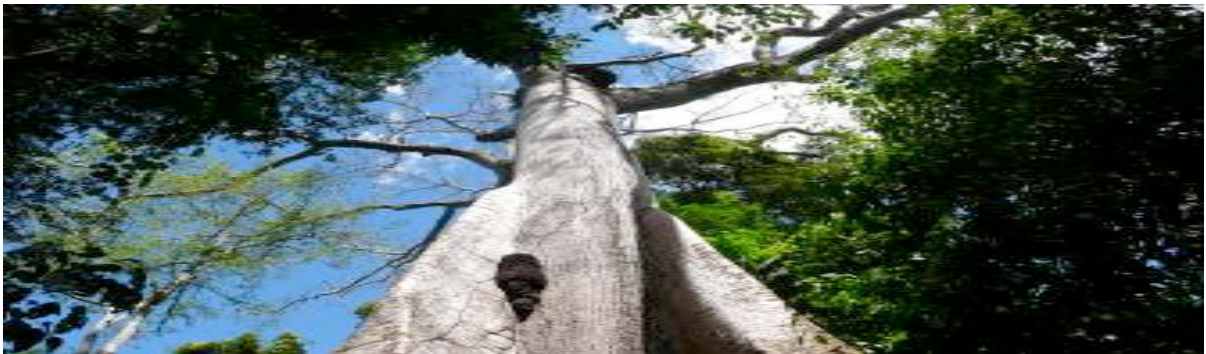


Fotografia 10 Assentamento de sem terras ao longo da BR-163 de Sinop a Guarantã do Norte (MT).

Seguindo na rodovia BR-163 até Guarantã do Norte, o pesquisador teve a oportunidade de participar de uma reunião com o pesquisador Messias Modesta dos Passos, que trabalha diretamente com a área de influência da BR-163 e seus conflitos sócio-ambientais. Messias tem um livro intitulado: “BR-163 de estrada dos colonos a corredor de exportação”, o qual foi doado gentilmente pelo doutor aos pesquisadores do grupo. Messias já trabalhou com o laboratório COSTEL da Universidade de Rennes 2. O doutor estava acompanhado de dois mestrandos da Universidade de Maringá, que como os pesquisadores do CDS, estavam em viagem de reconhecimento de campo. Durante a noite foi efetuada uma caminhada para verificar o comércio local; havia abundância de lojas agrícolas com equipamentos de corte de madeira, especialmente motosserras e grandes correntes proibidas por lei, como as mencionadas anteriormente, que são utilizadas junto aos tratores para o desmate. No dia seguinte, os pesquisadores seguiram pela estrada de chão, um caminho que dá acesso à BR-163 na altura de Alta Floresta, cuja pista é pavimentada. Nesse caminho, as fazendas são extensas, e a única atividade avistada é a pecuária e alguns resquícios de garimpos antigos. A floresta não existe mais, foi desmatada, e somente se avistam algumas áreas de APP preservadas. A região está abandonada e o nível de desenvolvimento inexpressivo. As estradas estão em estado de conservação regular a ruim. Durante a estação das chuvas o trajeto é dificultado. Foi necessário atravessar o rio Teles Pires com balsa, pois não há ponte, o serviço de balsa funciona regularmente e é aparentemente seguro.



Fotografia 11 Estrada não pavimentada de acesso a Alta Floresta – comunidade de Novo Mundo (MT).



Fotografia 12 Paineira milenar em reserva próxima a Alta Floresta (MT).

No município de Alta Floresta os pesquisadores tiveram acesso à comunidade rural de Ouro Verde na qual existem alguns projetos de sustentabilidade e agricultura. As atividades desenvolvidas pela comunidade de Ouro Verde são a produção de café, a castanha do pará, a cana de açúcar para consumo local animal, a rapadura, as pastagens e a aqüicultura.



Fotografia 13 Pecuária Extensiva – Região de Guarantã do Norte caminho não pavimentado para Alta Floresta (MT).

No projeto de sustentabilidade verificado pelos pesquisadores, existe dois ramos específicos de atividade, um se dedica a criação de fungos no combate a pragas de pastagens, e o outro na produção de mudas de árvores nativas, como a castanha do Pará e

outras espécies regionais. No que concerne ao controle biológico da praga da cigarrinha, o tratamento é efetuado por meio do Fungo *Metarhizium Anisopliae*.

A Cigarrinha – espécie de inseto exótica e invasora - é protegida do sol por uma viscosa espuma a qual ela mesma produz. O manejo biológico com a utilização do fungo pretende diminuir a extensão do dano causado pela espécie nas pastagens, pois como não é tóxico, o fungo possui características biológicas que o tornam altamente recomendável no condicionamento e prática de controle da praga. Devido à eficiência no domínio da praga o fungo deixa como resquício apenas 20% da cigarrinha, a quantia restante é necessária como parte da cadeia ecológica na biodiversidade local. O controle chega a ser de 70 a 80%. O fator biológico não é imediatista, e é necessária uma cadeia de 3 anos de aplicação para estabilizar o pasto. O fungo penetra na espuma protetora e mata a praga. Os maiores problemas na disseminação e o uso do fungo em detrimento dos agrotóxicos, são os aspectos culturais locais. O laboratório produz em torno de 1.000kg/dia de fungo. Sua produção pode atender uma área total de 600.000 hectares. Os maiores compradores estão situados fora do município de Alta Floresta. O laboratório conta com a venda para pequenos produtores que impulsionam a produção local. O gerente explica que devido à falta de credibilidade de produtos não agrotóxicos, a demanda é pequena, possivelmente com maiores programas de educação e sensibilização nas comunidades adjacentes seria possível que os produtores de Alta Floresta acreditem no potencial do produto, e venham a adquiri-lo.

O local que produz os fungos também conta com viveiros para plantas, onde são cultivadas as espécies nativas de valor comercial; o gerente do projeto explana que o interesse é nulo dos agricultores da região em utilizar espécies nativas, e que faltam incentivos para auxiliar nos estudos de germinação de sementes e no estudo das espécies. Atualmente, o encarregado de toda logística do local, que é cedido pela UNEMAT (Universidade do Norte do Estado do Mato Grosso) pretende ingressar em cursos de aprimoramento para aplicar em sua produção, e melhorar o rendimento das comunidades regionais; mas reclama que os recursos são escassos, e que no momento, somente com um incremento da demanda de venda de fungos, e de árvores nativas, seria possível o aperfeiçoamento das técnicas.

No dia da visita à comunidade Ouro Verde, os pesquisadores do mestrado do CDS e da Universidade de Rennes utilizaram o aparelho de GPS; foi exercitado o mapeamento das propriedades rurais da comunidade, analisados os aspectos da paisagem, como por exemplo a classificação da cobertura do solo: zona úmida, área de buritis, mata ciliar degradada, mata ciliar preservada, brejos, floresta degradada etc. As propriedades e as pontes sobre riachos foram demarcadas com pontos de GPS em seus devidos lotes. Dos cultivos presentes pode-se citar o café, a pimenta, o milho, a manga, a teca, e o algodão.



Fotografia 14 Tipo de paisagem onde foram adquiridos os pontos de GPS na divisão de lotes das propriedades rurais, e a análise da paisagem na comunidade de Ouro Verde, Alta Floresta (MT).

Os pesquisadores do laboratório COSTEL dispõem de 5 estações meteorológicas automáticas que medem as temperaturas locais, a umidade, a velocidade do vento, e a pluviometria na cidade de Alta Floresta. As estações estão situadas em terrenos distintos: no centro da cidade, nas áreas adjacentes, em propriedades rurais perto de corpos de água, e áreas de floresta. Os pesquisadores do CDS acompanharam a coleta de dados via computador; e existe uma diferença contrastante nos aspectos medidos nas diferentes regiões. Os dados pluviométricos serão de grande importância para pesquisas futuras de inter-relação da conversão do solo com os índices de chuva regionais.



Fotografia 15 Coleta de dados de estação meteorológica, fazenda em Alta Floresta (MT).



Fotografia 16 Estação meteorológica em propriedade rural em Alta Floresta (MT).

Durante a semana em Alta Floresta foram agendadas duas entrevistas com os responsáveis locais pela SEMA⁷ local de Alta Floresta e o IBAMA. No IBAMA instalado na cidade de Alta Floresta, o grupo foi recebido cordialmente por um Analista Ambiental. O analista explicou que no Mato Grosso a superintendência estadual é localizada em Cuiabá, e as gerências executivas nas cidades de Sinop, Juína e Barra do Garças; com escritórios regionais nos municípios de Alta Floresta e Guarantã do Norte, sendo a base operativa do PPCDAM (Plano de combate ao desmatamento criado em 2004), em Alta Floresta. O plano PPCDAM conta com 11 Ministérios, a Casa Civil, e a coordenação do MMA (Ministério do Meio Ambiente), que é atrelado ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Alta Floresta é à base de operação e de estada dos fiscais de combate ao desmatamento. Seis municípios fazem parte da região de circunscrição de Alta Floresta, sendo eles: Apicás, Carlinda, Nova Canaã, Guarantã do Norte, a divisa com o Pará, Peixoto de Azevedo, Terra Nova, e Nova Guaritá no Estado do Mato Grosso; no Estado do Pará são os municípios de Novo Progresso, Altamira e Jacaré Acanga. O IBAMA de Alta Floresta conta somente com 4 analistas ambientais locados, e 1 técnico, ao total cinco efetivos. O parque Juruena utiliza o escritório do IBAMA em Alta Floresta. O analista explica que no combate e fiscalização é utilizado o satélite CBERS, com imagens atualizadas com um período de 21 dias, o tratamento das imagens é efetuado por meio de técnicas de geoprocessamento.

No Mato Grosso o IBAMA está encarregado da fiscalização ambiental, e o Estado, a SEMA, encarregada do licenciamento ambiental. O analista ambiental comenta que o apadrinhamento no Estado piorou a situação da gestão florestal. E que os municípios são os responsáveis pela situação das florestas. É narrada uma interessante situação no Estado referente a gestão ambiental. Os decretos estão sem fiscalização, não há efetividade, e há uma lentidão em serem tramitados em outros órgãos responsáveis, deve haver um

⁷ Secretaria do Meio Ambiente

compromisso maior do governo e um resgate político. Existem pessoas poderosas barrando a fiscalização. Os assentamentos estão sem licenciamento ambiental, descumprindo a legislação federal. Uma das alternativas e instrumentos que o governo federal criou para conter o desmatamento na região do sul do Pará é a legalização das unidades de conservação, criadas para barrar a fronteira agrícola. No caso do IBAMA em Alta Floresta, a posição é de uma “postura repressiva”, no entanto necessária. Há um conflito de posturas entre IBAMA e algumas ONG locais. Contudo com o aumento do plano de manejo as pessoas buscam a legalidade.

O analista cita que ainda que há uma falta de financiamento e alternativas para o desenvolvimento sustentável e o manejo florestal, e que abunda para o agronegócio e o desmatamento. Contudo, as altas multas cobradas forçam a recuperação de áreas degradadas. A SEMA está encarregada do aproveitamento econômico da madeira, ela viabiliza as multas. É explicado como funciona a logística do crédito de madeira, que é corrompida pelos madeireiros e fazendeiros. Primeiro, o fazendeiro ou dono da área de manejo contrata a madeireira para a retirada da madeira de interesse comercial, depois do extrativismo seletivo, é derrubado o restante da madeira para fazer o pasto, essa madeira nobre que não pode ser cortada é vendida ilegalmente. Como a medição no pátio da madeireira é efetuada erroneamente, o madeireiro divulga uma quantia vendida de madeira legal, entretanto, não vende toda a madeira legal; vende a madeira ilegal que não tem licença, com isso, sempre computa com madeira legal no seu pátio, e lucra em dobro com a ilegal. Os créditos de madeira legal são forjados. Existe um conflito da SEMA com o IBAMA, pois quem fiscaliza e computa esses créditos é a SEMA.

O problema principal no Mato Grosso parece ser fundiário, aliado a ausência de poder público (grilagem, títulos falsos, cartórios que dão escrituras sem coordenadas, vários donos da mesma terra, terras devolutas com grilagem). As medidas compensatórias e proteção da reserva devem ser utilizadas para garantir a sobrevivência da floresta. Com a protelação do bom senso ninguém recupera a terra desmatada, a protelação é mais lucrativa, pois a aplicação das leis não são efetivas no sentido de punir os criminosos. Devem ser criados mecanismos certificadores para barrar esse processo, e os produtos florestais acompanhados em todas as fases da comercialização, como exemplo, as toras plaqueadas que são de origem legal. Os mecanismos rígidos incluem mais custos e burocracia, uma certificação holística que contemple essas fases é necessária, tendo como o próprio consumidor o regulador e responsável pelo futuro da floresta. O analista explica que já foi coagido muitas vezes na cidade e que precisa de muita força de vontade para manter seu trabalho como fiscal no IBAMA, pois é mal visto pela comunidade (ameaçado de morte), e é considerado um mal feitor por proteger a floresta, e desestimulador do crescimento municipal.

Na entrevista na SEMA, com a responsável das atividades locais (optou por não ter seu nome divulgado) conseguimos perceber alguns dos comentários citados pelo analista do IBAMA, o representante da SEMA explicou que quando assumiu o cargo de coordenação da SEMA haviam muitos processos parados e em trâmite, e que tomou providências para que fossem liberados o mais rápido possível, entretanto, não sabemos como essa liberação ocorreu. O representante da SEMA comenta que já foi ameaçado várias vezes quando seus pareceres encaminhados a Cuiabá são negligenciados, mas que consegue contornar a situação com destreza (sempre faz as fiscalizações acompanhada de outros membros da SEMA). O representante da SEMA também comentou que as relações com o IBAMA são bastante precárias e que não existe diálogo entre os órgãos. Quando indagado pelo pesquisador sobre o papel da SEMA, em projetos de desenvolvimento sustentável, o representante explica que são pertinentes para a conscientização e sensibilização das populações locais, mas que no momento, a SEMA não conta com pessoal em número adequado para o desenvolvimento desses projetos, e muito menos com tempo, pois a demanda de regularização de terras e os conflitos fundiários são imensos. Ou seja, todo o trabalho da SEMA é dedicado a resolução de conflitos, e regularização de terras por meio de licenças. Todos os pareceres encaminhados a SEMA de Alta Floresta - que conta com a circunscrição de território semelhante a do IBAMA - são enviados a Cuiabá para aprovação e depois retornam ao município. Os laudos técnicos são fiscalizados por 5 funcionários que atuam no órgão, entre eles, engenheiros florestais, biólogos etc. não concursados necessariamente.

No discurso dos dois representantes, tanto do SEMA como do IBAMA, percebe-se diferenças no que tange a preocupação com a causa do desmatamento. O funcionário do IBAMA estava bastante identificado com a causa na qual trabalha e defende, pois como biólogo denotava preocupação com a situação no Estado, apresentava boa eloquência e conhecimento sobre o assunto. No caso do representante do SEMA, não foi perceptível a mesma preocupação, e até conformava com a situação e preocupação com madeireiros e fazendeiros, caso venham a perder seus empregos. O representante da SEMA deu ênfase no aspecto histórico, que no passado as leis permitiam até uma supressão de 50% da área de matas nativas das fazendas, e que atualmente são 80% que devem ser preservados.

Nos últimos dias em Alta Floresta, os pesquisadores foram convidados a conhecer e a participar de uma reunião na ONG ICV – Instituto Centro de Vida. Na reunião a ONG coordenada por Laurent Micol apresentou suas linhas de trabalho que são: programa de políticas públicas e gestão ambiental, programa de monitoramento e planejamento de paisagem, programa de conservação e áreas protegidas, programa de sustentabilidade e projetos demonstrativos, programa de comunicação e educação socioambiental. A ONG está presente em Alta Floresta, Cuiabá e Brasília e trabalha com outros programas de

sustentabilidade no Mato Grosso. As discussões se mantiveram relacionadas à disponibilidade e utilização de imagens de satélite de maior proximidade do solo, na ordem de 15-10m (satélite SPOT – França) no tratamento de segmentação de vegetação e áreas agrícolas no Mato Grosso. A utilização dessas imagens pode auxiliar no monitoramento das atividades ilegais de desmatamento e também na criação e gestão de políticas públicas ambientais que visem à compensação por créditos de carbono aos fazendeiros.

A região do Norte do Mato Grosso conta com um periódico que se intitula Folha “Portal da Amazônia: um jornal de serviço ao desenvolvimento sustentável do território”. O jornal tem apoio do ICV e outros programas de desenvolvimento sustentável, como o programa Diálogos e a União Européia. No final da viagem os pesquisadores seguiram caminho para o Parque do Cristalino, uma RPPN⁸ de floresta amazônica densa, que fica na divisa do Mato Grosso com o Estado do Pará. Na revista local, “Notícia”, de Alta Floresta, a atividade do ecoturismo é tida como um dos futuros promissores do município. No parque os pesquisadores estiveram em contato com grupos de estrangeiros de diversos países nórdicos, tanto do continente americano quanto europeu. Grande parte estava no parque destinada a observar pássaros raros da Amazônia (tucanos, araras, saíras, harpias, etc.); a presença de turistas brasileiros era quase nula.

A proprietária da reserva conta que seu pai chegou a Alta Floresta no início da colonização, e que decidiu criar o parque para preservar os remanescentes primários de floresta para as futuras gerações; atualmente a proprietária trabalha com a divulgação do local, e com projetos de universidades da região na conservação da flora e fauna local, ademais de palestras de conscientização e educação ambiental das populações tradicionais. O parque é um lugar de extrema beleza, com mata abundante e bem preservada, rios claros e acomodações confortáveis. O nome dado ao complexo é Cristalino Jungle Lodge, em referência ao rio que corta a reserva. Os pesquisadores percorreram trilhas e subiram em uma torre de mais de 50 metros de altura para observar os pássaros. Existe biodiversidade expoente de animais e plantas, algumas medicinais. No centro do parque, no ponto mais alto da reserva, é possível avistar propriedades particulares do entorno queimando a floresta e o pasto ilegalmente.

A viagem de reconhecimento foi produtiva, pois possibilitou a melhor visualização dos projetos de desenvolvimento sustentável nas áreas de influência da BR-163 e permitiu aos pesquisadores entenderem com profundidade os problemas da região e as políticas públicas sociais e ambientais locais dos municípios citados. A experiência de campo é válida

⁸ Reserva particular de preservação do patrimônio natural

para o melhor ajuizamento da dinâmica de desenvolvimento local, evitando um pré-julgamento errôneo nos estudos.

A mídia brasileira representa com pouca fiabilidade os acontecimentos da região, dando ênfase em aspectos socioeconômicos e relega a perda de biodiversidade e o potencial de preservação da floresta, situando as perdas ambientais como menos importantes que as sociais. De acordo com as observações dos pesquisadores, o Mato Grosso, e especialmente a área de influência da BR-163 necessitam de apoio técnico e científico para uma melhor transparência da gestão florestal estadual e apoio para projetos de sustentabilidade. É pertinente que organismos não atrelados aos governos possam continuar a trabalhar no estado, criando pesquisas e incentivando as populações locais a buscarem formas de enriquecimento econômico e social mais adequada e adaptável as especificidades ecológicas do Mato Grosso. As ONG darão tempo para o governo estruturar e desenhar bases sólidas de fiscalização e monitoramento do manejo de florestas no Brasil, igualmente investindo na sensibilização das populações locais sobre a preservação do meio ambiente.

As informações retidas, e o convívio com os demais pesquisadores da área permitiram a troca de experiências, e de conhecimentos, que certamente auxiliarão no projeto LUPIS e nas futuras sinergias e pesquisas com projetos de sustentabilidade, que tem como foco a BR -163. A dinâmica do uso do solo no Estado do Mato Grosso é de um ritmo muito acelerado e nunca antes vista no Brasil. Essa utilização acelerada e a modificação dos aspectos ambientais de um território tão amplo (duas vezes o tamanho da França) terão conseqüências negativas e positivas para as populações; o estudo das conseqüências e das possíveis alternativas para problemas futuros devem ser efetuados com prazo emergencial. O estudo das políticas públicas regionais e federais, os conflitos, as sinergias e o estudo denso proporcionarão uma análise real da conjuntura política no Mato Grosso. O desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade assertivos poderão lançar luz aos formuladores de políticas no futuro, transformando o Estado em um laboratório de experiências sustentáveis.

PARTE III

3 O SISTEMA CLIMÁTICO E AS PRECIPITAÇÕES NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

3.1 O CLIMA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

O continente Sul Americano possui uma área total de 17.819.100 km², abrangendo 12% da superfície terrestre, compreendendo, porém, apenas 6% da população mundial. O

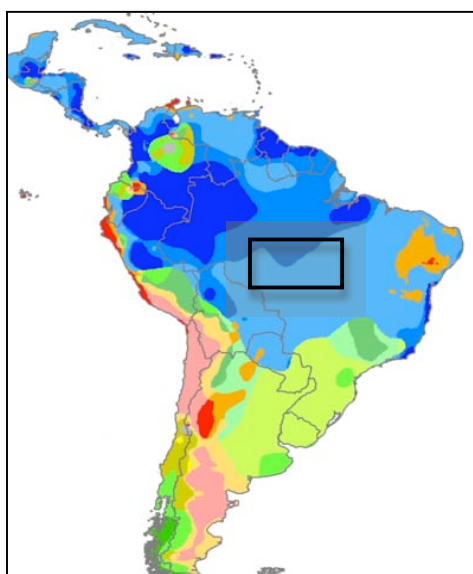


Ilustração 4 Classificação Climática de Köppen Geiger (Peel et al. 2007), No quadro em preto a área do estudo de caso. Ver quadro 4 para detalhes de classificação do clima Amazônico. Nas duas tonalidades mais claras em azul os climas Am e Aw.

território é composto por uma figura longilínea vista dos satélites, que inclui áreas em ambos hemisférios norte e sul. As latitudes variam desde os 12° de latitude norte na Venezuela, até os 55° de latitude sul entre o Chile e a Argentina. Tais características possibilitam ampla variabilidade climática, permeando os climas polares na península mais austral, até os equatoriais no centro e norte do continente. Essas variações de latitude e relevo permitiram uma colonização heterogênea da flora Sul Americana, propiciando a diversificação e especialização da fauna, e das atividades humanas ao longo da história.

O bioma da Amazônia Brasileira, ponto focal neste estudo, ocupa uma área de superfície de 4,2 milhões de km² no território brasileiro (PAS, 2008).

Nessa pesquisa particularmente, é dado ênfase no sistema climático⁹ do norte e do centro do território Sul Americano que influencia a Amazônia. Para compreender as mudanças regionais na precipitação na região, é preciso entender as variabilidades climáticas¹⁰ que corroboram para o equilíbrio local dessa variável, e como ela é afetada por distintos componentes climáticos em esfera regional e continental. O trabalho não pretende cingir com profundidade essas nuances, mas sim, visualizar as interações complexas do sistema climático não-linear, e a partir dessa visão, perceber como se auto-equilibra o clima na parte sul e mais continental da Amazônia Brasileira.

⁹ É altamente complexo e consiste de cinco componentes principais: atmosfera, hidrosfera, criosfera, a superfície da terra, a biosfera, e as interações entre eles. O sistema climático evolui em tempo, sob a influência de suas próprias dinâmicas internas, e por causa dos forçamentos externos, como erupções vulcânicas, variações solares e forçamentos humanos induzidos, tais como: composição de mudança da atmosfera, e mudança do uso da terra (MARENGO, 2006).

¹⁰ Se diz das variações no estado médio e outras estatísticas (tais como desvio padrão, a ocorrência de extremos, etc.) de um clima nas escalas temporais e espaciais, além de eventos individuais no tempo. A variabilidade pode ser devido a processos internos naturais dentro do sistema climático, ou a variações nos forçamentos antropogênicos externos (MARENGO, 2006).

Para contextualizar e situar-nos no sistema climático amazônico, é necessário compreender uma série de componentes biogeoquímicos e biogeofísicos que o tornam único. Mas para isso, primeiro observaremos preceitos básicos como a figura 3, que ilustra a classificação climática de Köppen Geiger, para América do Sul, Central e Caribe. Köppen divide os climas em 5 grandes grupos, e em diversos tipos e subtipos.

Cada clima é representado por um conjunto variável de letras, com a seguinte significação: denotam a característica geral do clima de uma região, constituindo o indicador do grupo climático; estabelecem o tipo de clima dentro do grupo, as particularidades do regime pluviométrico; quantidade da precipitação total anual ou a temperatura média anual do ar; a temperatura média mensal do ar dos meses mais quentes (MCKNIGHT E DARREL 2000).

Conforme o mapa de Köppen atualizado por Peel *et al.* 2007, a região central da Amazônia Brasileira apresenta 3 classificações climáticas genéricas: Af, Am, e Aw, que são respectivamente: clima equatorial ou tropical úmido, clima tropical monçônico, e clima tropical (chuvas no verão e período de estiagem no inverno). É relevante mencionar que essas caracterizações não refletem em totalidade as peculiaridades locais e pontuais de relevo ou vegetação, que também interagem com o clima.

| | | |
|----------|--|--|
| A | Clima tropical | *Climas megatérmicos *Temperatura média do mês mais frio do ano > 18°C *Estação invernal ausente *Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual) |
| f | Clima Tropical Úmido | * Clima úmido * Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano * Inexistência de estação seca definida |
| m | Clima Tropical Monçônico | * Clima de monção: * Precipitação total anual média > 1500 mm * Precipitação do mês mais seco < 60 mm |
| w | Clima Tropical com estação seca no inverno | * Chuvas de Verão |

Quadro 4 Climas Amazônicos conforme classificação de Köppen. Fonte : Mcknight e Darrel, 2000.

Para verificar as correlações entre o uso do solo, a floresta e o sistema climático foi delimitada uma área de estudo proposta para análise desta pesquisa, a qual engloba os tipos climáticos Am e Aw, presentes no Norte do Mato Grosso, e na região Sul e Central da Amazônia Brasileira. É pertinente entender como esses elementos citados se correlacionam, atuam individualmente, e sinergicamente, já que as três variáveis são dependentes uma da outra, em maior ou menor grau.

Primeiramente analisaremos brevemente uma visão macro-climática da Amazônia, e posteriormente se fará a ligação com a vegetação (florestas) e o uso do solo. A discussão sobre o aumento ou a diminuição das precipitações na Amazônia é um assunto recente;

novas pesquisas surgem com análises do ciclo hidrológico e de carbono, devido ao crescente interesse nos mercados mundiais de carbono e a importância da floresta Amazônica nos regimes climáticos no Brasil e no mundo. Alguns autores do LBA (Large Atmosphere Experiment), como Fernandes *et al.* (2008), comprovaram recentemente um acréscimo de 0.32 no índice SPI¹¹ (este índice mostra que episódios de seca durante um período de 10 anos no sul da Amazônia foram mais frequentes), e outros, como cita Dubreuil (2002), também verificaram um aumento das temperaturas no período de 1973 a 1996 pontualmente em Vera no Norte do Mato Grosso (ambos cogitados como tendo uma estreita relação com atividades humanas que modificam o uso do solo).

Vale ressaltar que os mesmos mencionam a necessidade de novas pesquisas que abordem com mais minúcia a relação dos usos do solo com a alteração nas precipitações e temperatura. Outra corrente de pesquisadores, como Marengo e Nobre, projeta por meio de variáveis em modelos climáticos um acréscimo nas precipitações no futuro, devido ao aumento das temperaturas globais, propiciando uma fertilização maior da floresta por gás carbônico, trazendo divergência nas discussões.

Na Zona de Convergência Intertropical a parte central e norte da América do Sul é influenciada por uma gama de componentes climáticos, para Salati *et al.* (1978), o deslocamento meridional do sol durante a estação do verão é o principal responsável pelos padrões climáticos na área Amazônica. Nos meses de verão no hemisfério sul, com a maior incidência solar, há um deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para o sul. A ZCIT também é influenciada pelos ventos alísios que sopram de leste a oeste do Atlântico Sul para o continente, propiciando o aumento da atividade convectiva e de precipitação. A ZCIT é uma espécie de cinturão de nuvens que envolve o globo terrestre nas regiões tropicais, e se desloca durante o ano nas direções norte e sul, seguindo as áreas de maior incidência solar com a alternância das estações (VILLAR, 2009). Ver figura abaixo:

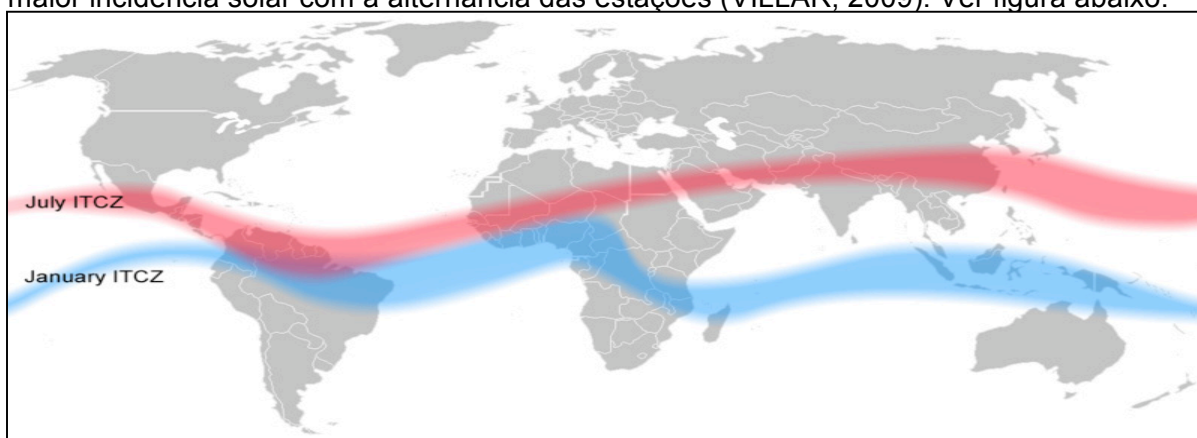


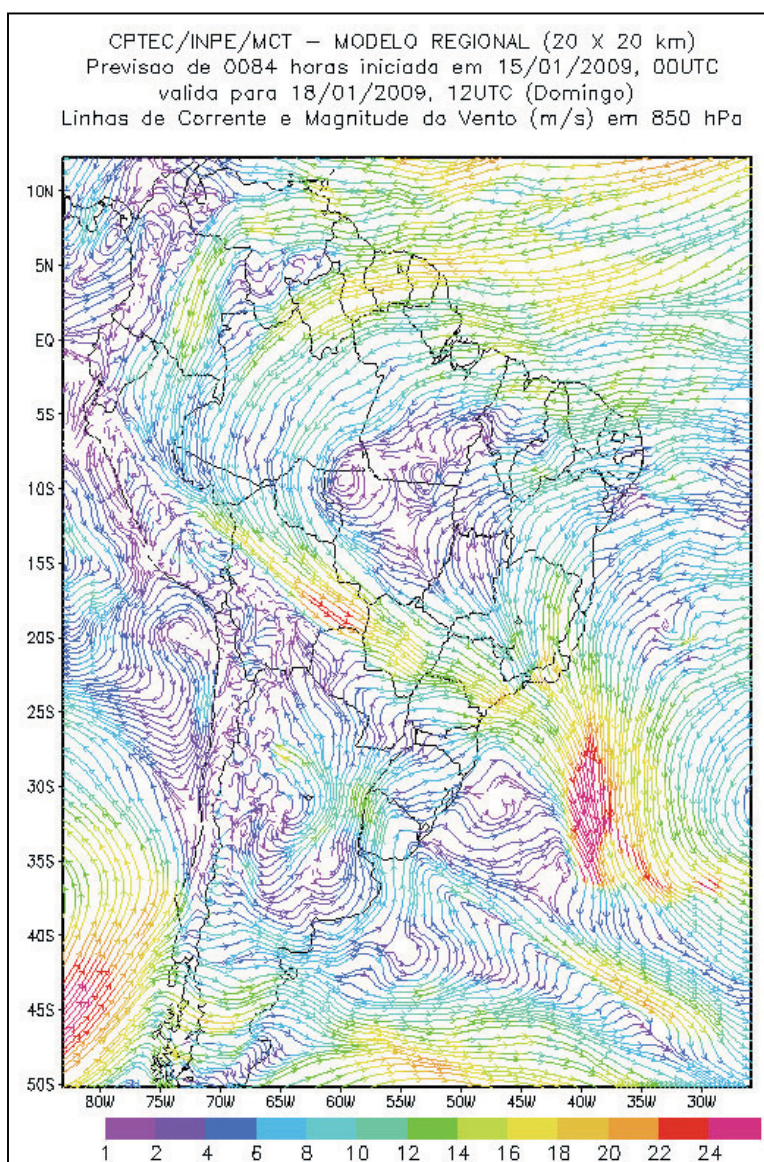
Ilustração 5 Movimentação da ZCIT durante as estações do ano. O período de Janeiro sendo o mais ativo na parte central e sul da Amazônia Brasileira. Em inglês ITCZ. Fonte : dec 13, 2006 - Own work. Based on Image:ZICT en janvier.jpg, Image:ZICT en juillet.jpg, and Image:BlankMap-World.png. Autor : Mats Halldin Permissão : (Reutilizando esta imagem) GFDL, CC-BY, PD/http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:ITCZ_january-july.png

¹¹ *Standart Precipitation Index.*

A ZCIT no continente Sul Americano é responsável pelo aumento de chuvas na região sul e central da Amazônia durante o verão, ademais de intensificar a Zona de Convergência do Atlântico Sul, que traz precipitações para áreas centrais e do sul da América do sul durante os meses mais quentes (MARENGO, 2006). Para o IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, 2007), as temperaturas da América do Sul como um todo não sofreram alterações significativas nos últimos anos, conforme cita o relatório para a América Latina. Contudo, foi verificada uma intensificação do Anticiclone do Atlântico Sul, e também uma mudança no jato em altitude do Hemisfério Sul (*Jet Stream*), que se deslocou para a faixa mais meridional do continente. O relatório cita evidências que as precipitações e descargas de rios em algumas regiões da América Latina correspondem apenas à variabilidade interdecenal no ciclo hidrológico. Já para a Amazônia e para o Nordeste do Brasil, as chuvas e as descargas dos rios exibem variabilidade interdecenal, ligadas às influências dos oceanos Atlântico e Pacífico.

Variabilidades climáticas como El Niño e La Niña na Amazônia e os extremos da oscilação sul (*Southern Oscillation*) são responsáveis por uma grande parte da variabilidade inter-anual do clima na América Latina. O evento El Niño que representa a fase baixa ou negativa da oscilação sul, e a La Niña a fase alta ou positiva, interagem com diversas características do clima Sul Americano. Para o IPCC 2001, o evento *El niño* apresenta características de maior perturbação do sistema do que o evento *La niña*. Na parte norte de Amazônia, as estações chuvosas ficam mais secas caracterizando os efeitos da perturbação El Niño nessa região (ACEITUNO, 1988; MARENGO, 1992; UVO, 1998 apud IPCC, 2001). Na parte mais continental, especialmente o norte do Estado do Mato Grosso não apresenta sinal de influência forte de ambas fases positivas ou negativas do fenômeno, no que tange os totais de chuva anuais. Contudo, Kousky et al. (1984) associa um excedente de chuva no sul da bacia Amazônica a persistente atividade de perturbações extra-tropicais durante os eventos do El Niño, e uma aceleração do jato ao leste dos Andes que reforça o monção sul americano durante o verão (ZHOU e LAU, 2001).

Do ponto de vista atmosférico, a fonte principal de transporte de energia das baixas latitudes para as médias é a circulação das células de Hadley. A convergência dos alísios e das circulações extratropicais do sul canalizadas pelos Andes e remontando às latitudes tropicais formam uma banda diagonal de precipitações máximas, conhecida como a Zona de Convergência do Atlântico Sul. Ela está presente todo o ano, mas é mais intensa durante o verão, quando se conecta com a Zona de Convecção do Interior da Amazônia e produz episódios de precipitações intensas sob uma grande parte da América do Sul (KODAMA, 1992; LEIBMANN et al., 1999; CARVALHO et al., 2004).



Mapa 7 Rios voadores em ação na figura, observa-se a direção das flechas para o interior do continente, e seu direcionamento sendo modificado pela cordilheira andina, direcionando os ventos para o sul da América do Sul (levando a umidade). Fonte: CPTEC/INPE, 2009.

O jato Sul Americano em baixo nível transporta as massas de ar úmidas desde o oceano Atlântico e o norte da Amazônia para o sul da Amazônia e a bacia do Prata, esses fluxos são observados na região durante todo o ano, podendo ter gradientes de formação diferentes dependendo da estação (SAULO et al., 2000; MARENGO et al., 2004; VERA et al., 2006). Ademais do ciclo anual médio, a circulação atmosférica apresenta flutuações mais ou menos regulares. As flutuações atmosféricas em grande escalas de tempo e espaço incluem variantes intra-sazonais (20-60) dias, interanuais e pluridecenais, modificando o clima do planeta (VILLAR, 2009).

No mapa 8 ao lado, um exemplo das correntes de ventos altos da atmosfera em ação, carregando a umidade do oceano para o continente. Gerard Moss recentemente (2008/2009) por meio da campanha de pesquisa intitulada “rios voadores”, está monitorando com uma equipe de científicos por meio de vôos com aeronaves, os fluxos de umidade provenientes dos diversos sistemas que interagem sobre o ciclo hidrológico na Amazônia.

Durieux (2002), utilizando dados dos anos de 1984-1993 para 3 áreas de teste em áreas desmatadas e não desmatadas em um grid (área de estudo geoestatístico) de 2 ° 5x2 ° 5 mostrou que "o impacto do desmatamento na nebulosidade durante o período de estudo dos anos 70 aos 90 não é diretamente visível na escala inter-anual a nível celular de

análise. No entanto, observamos uma tendência de maior escala climática que afeta toda a região do arco do desmatamento: «(...) diminuição do total de nebulosidade e alta nebulosidade". Estas tendências são detectados principalmente durante a estação seca: forte decréscimo de nuvens altas durante a estação seca (especialmente durante a noite e manhã) e opondo a ela, o aumento durante a estação úmida (sempre a noite, embora durante um período menor). Para a duração da estação seca, observa-se "um aumento na nebulosidade baixa especialmente formada por cumulus no início da tarde" (ver também CUTRIM et al, 1995). Durieux (2002) observa que com uma taxa de 10% do desmatamento em um banco de dados do setor, não há nenhuma alteração visível e que as mudanças são mais sensíveis a uma taxa de 20% do desmatamento. Durieux (2002) ressaltou, no entanto, que a forte variabilidade inter-anual (ENOS – El niño e LNSO – La niña) poderia ser a causa. "A tendência geral das alterações climáticas produzidas pelo desmatamento parece particularmente gerar um aumento da sazonalidade, em outras palavras, maior tempo de seca, e precipitações mais violentas no período chuvoso (...)" (DURIEUX, 2002). Resultados similares são apresentados por Fu & Li (2004), estudo de reanálise do Centro Europeu (ECMWF) de 1979 até 1993.

Nos estudos de Wang et al. (2008) foi efetuada uma comparação da presença de nuvens altas e baixas em áreas desmatadas e não desmatadas para a região do Nordeste de Rondônia próxima à fronteira Noroeste do Mato Grosso. Wang et al. (2008) explana que em áreas de desmatamento há uma maior formação de nuvens convectivas pois há uma maior brisa na terra que em áreas florestadas, auxiliando as correntes de ar o que propicia a maior nebulosidade. Entretanto, as nuvens mais altas, típicas de ocasionar chuvas na região mantêm sua formação sob as áreas de floresta. Como e.g. uma subsidência das chuvas durante a estação seca e forte instabilidade atmosférica durante as estações chuvosas. Para Wang et al. (2008) a melhor época para o estudo dessas variáveis é durante a estação seca, pois nesta época os sistemas frontais são menos freqüentes, assim como a instabilidade atmosférica é mais fraca. Os autores colocam que a instabilidade atmosférica sob áreas de floresta é evidente se comparado a áreas desmatadas. A Amazônia pode ser vista como um oceano verde.

Os fatores orográficos tem papel menor na formação de nuvens na época seca, sendo o mecanismo de ascendência termal o mais evidente nesta estação porém com a subsidência inibindo as precipitações. A circulação em mesoescala induzida pelas heterogeneidades do uso do solo induziu os ventos das áreas de floresta para áreas de pasto, as evidências apontam para a circulação térmica em mesoescala induzida como sendo o maior ou o principal mecanismo para a convecção de nuvens da estação seca na Amazônia desflorestada. Os autores se perguntam se a Amazônia desmatada em quase sua totalidade apresentaria condições mais semelhantes a climas continentais que o atual,

onde sua superfície florestada se parece ao movimento das correntes de ar sob os oceanos, que corrobora com a teoria da bomba de sucção biótica dos russos (ver ilustração 6). Esse assunto é abordado com maior profundidade na seção 3.3 mais a frente (página, 81).

Em comparação, os estudos baseados nas conseqüências climáticas observadas nas regiões desflorestadas da Amazônia são poucos em números (CAUDURO et al., 1995). A ausência de uma longa série de medições (in situ e por satélite) e da rede de observação de fraca densidade justifica esse tipo de problemas. No entanto, os primeiros estudos sobre as alterações climáticas na Amazônia ilustraram uma pequena tendência de aumento da convecção e precipitações há 15 anos, especialmente no oeste da bacia Amazônica e uma pequena diminuição na Amazônia Meridional, mas a tendência não é significativa em todos os anos (CHU et al, 1994). Marengo (2004) detectou que a tendência observada no grupo de precipitações das observações de séries de 1950 a 1998 demonstrou uma diminuição da precipitação em toda a bacia do Amazonas, com uma queda especialmente no norte e com uma tendência positiva, ao sul. Como o desmatamento é mais proeminente no sul de metade da Amazônia, parece que as conexões entre o desmatamento e as alterações climáticas na bacia Amazônica não são ainda perfeitamente compreendidas.

3.2 O CICLO HIDROLÓGICO E AS PRECIPITAÇÕES NA FLORESTA AMAZÔNICA. COMO A FLORESTA PRODUZ AS CHUVAS?

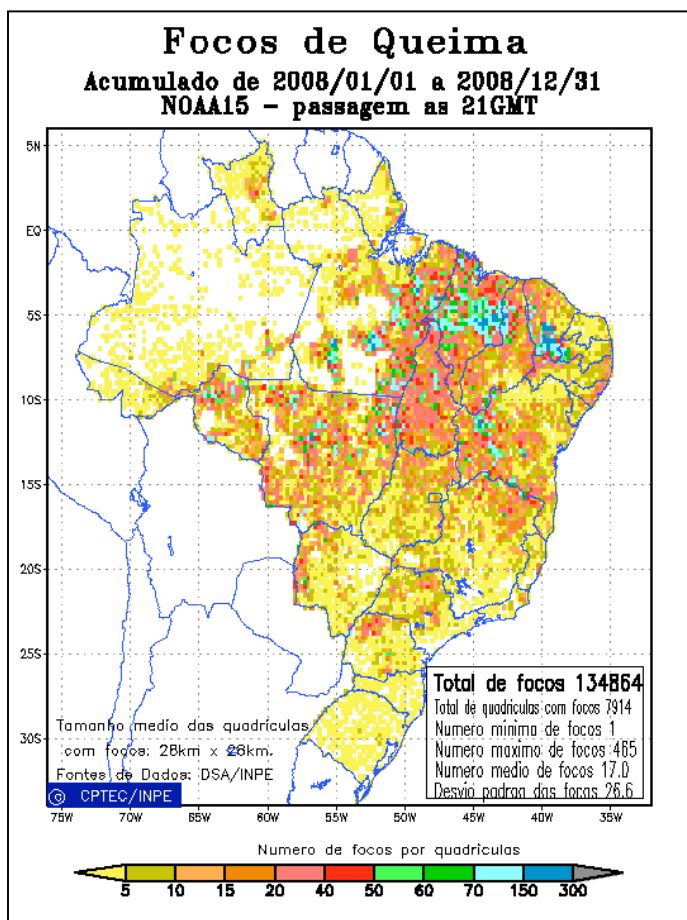
A água que está na forma de nuvem, bruma ou vapor no atmosfera constitui apenas 0,001% da água que existe na terra, entretanto, essa água que paira tem grande significado para o balanço hídrico e de calor global, devido a sua mobilidade. O ciclo da água é o maior movimento de matéria da Terra e fluxo de energia, grande parte da energia solar absorvida pela superfície da terra é consumida pela evaporação da água. Então a hidrosfera é uma componente determinante para o sistema climático no planeta (LARCHER, 2000).

O processo da formação das chuvas na floresta é bastante complexo, e é dissertado a seguir com o objetivo de introduzir o assunto para as posteriores discussões das tendências de precipitação do últimos 30 anos no norte do Mato Grosso.

As gotícula das nuvens de chuva são formadas por dois ingredientes básicos, o vapor de água e um núcleo de condensação de nuvens (NCN), este último consiste em uma minúscula partícula de aerossol. A vegetação amazônica neste caso, fornece os NCN para formar a chuva na floresta e manter o seu intenso ciclo hidrológico. A taxa de precipitação na floresta é uma das mais altas do mundo (ARTAXO, 2003). Com a chegada do homem e a intensificação dos processos do uso do solo, seja por queimadas ou o corte raso da vegetação, existe uma preocupação no que tange as possíveis mudanças que as atividades antrópicas poderiam exercer no ciclo hidrológico. Mudanças físicas e químicas na atmosfera

causadas por poluentes de queimadas (altos níveis de aerossóis) alteram o balanço de luz solar que atinge a superfície, absorvendo a radiação que seria aproveitada pelo ecossistema, conseqüentemente modificando o perfil natural da variação da temperatura com a altura, tornando mais difícil a formação de nuvens. A fumaça leva nutrientes que são essências para a floresta, como o fósforo, que é perdido, pois a fumaça é carregada para longe com os ventos (ARTAXO, 2003).

A imagem abaixo é do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ela exibe o número de focos de calor para o ano de 2008 detectados pelo satélite NOAA15. Observa-se que existe um número maior de focos de calor na região do arco do desmatamento,



permeando os estados do Mato Grosso, Pará, Rondônia, Tocantins e Maranhão.

As correntes de ar ascendentes sustentam as gotas de chuva dentro das nuvens, enquanto elas são pequenas. Antes da chuva, as gotas são puxadas para baixo pela ação da gravidade, mas a bolha quente que flutua continuando levando-as para cima na corrente ascendente e a nuvem vai se ampliando. Se o ambiente é limpo e há poucos NCN na disputa pelo vapor de água - e se houver NCN grandes e solúveis em água - esses irão crescer e colidir com os menores, caindo como chuva. Em contrapartida, em uma atmosfera poluída, com grande número de NCN,

Mapa 8 Focos de calor no ano de 2008 para o Brasil.
 Fonte : INPE (2009).

a disputa aumenta pelo vapor de água, por conseguinte as gotas crescem pouco e

devagar, enquanto a nuvem vai se estendendo. As gotas evaporam e a água com os aerossóis não retorna ao solo, e é levada pelos ventos a outros locais (ARTAXO, 2003). Na Amazônia as chuvas são produzidas por dois tipos de nuvens: as rasas e as profundas (ARTAXO, 2003)(SALATI e VOSE, 1984).

Na época das queimadas que coincide com a estação seca, as nuvens rasas (mais baixas) desaparecem, e apenas nuvens profundas são registradas, que são mais propensas para relâmpagos e precipitações de granizo (prejudiciais para floresta). Na estação chuvosa,

as nuvens rasas devolvem os NCN de volta para floresta, praticamente no mesmo local onde foram gerados. Já as nuvens profundas são carregadas por ventos fortes das camadas mais altas da atmosfera levando estes NCN para outras regiões. Os gases de efeito estufa têm um papel importante de manter a temperatura estável na atmosfera, parte do calor dos raios que atingem a atmosfera é refletida por esses gases de volta ao espaço, e outra é mantida aquecendo de forma equilibrada a superfície da terra; o suficiente para manter a vida. Contudo, as partículas de aerossóis tem um efeito inverso e coíbem os raios solares de atingirem a superfície. Isso faz com que as térmicas sejam menos intensas, diminuindo a força das correntes ascendentes que levam as partículas e o vapor da água para cima, para formar a chuva.

As nuvens também alteram esses componentes, pois tem alta refletividade alterando o albedo terrestre (taxa de reflexão da radiação solar pela superfície terrestre), e aprisionam radiação infravermelha emitida pela superfície do solo. (ARTAXO, 2003).

O ozônio O³ gerado como gás secundário nas queimadas é crítico, pois danifica os estômatos das plantas prejudicando a evapotranspiração. Como tarda algum tempo para se formar a partir de outros gases, a vegetação prejudicada não é a que foi queimada mas sim a virgem, pois o gás levado pelas correntes de ar não estando mais na mesma área. A vegetação da floresta emite e absorve gases e partículas da atmosfera de forma natural. Essa interação é crítica para o metabolismo da floresta e seu ciclo hidrológico. Os terpenos (partículas atmosféricas finas, produzidas pela conversão em partículas de compostos orgânicos voláteis gasosos, emitidos pela floresta) são essenciais na formação das nuvens.

Como essas partículas são formadas, ainda é assunto pouco compreendido pela comunidade científica. Outras partículas de aerossóis atmosféricas importantes, e de tamanho maior, são formadas por partículas biogênicas primárias, que são como e.g. grãos de pólen, algas, bactérias e líquidos emitidos para atmosfera pelos estômatos das plantas. Normalmente as concentrações na atmosfera de ambas partículas (terpenos e biogênicas primárias) são baixas, entretanto, com as queimadas os níveis normais que vão de 300 partículas por centímetro cúbico, chegam a 15 mil partículas com os poluentes atmosféricos. Na Amazônia são encontradas concentrações de partículas são muito piores que em cidades como São Paulo, que têm em torno de 100 a 150 partículas por metro cúbico (ARTAXO, 2003).

Essas concentrações de partículas absorvem até 400 watts por metro quadrado de radiação, alterando o fluxo de energia solar que atinge o ecossistema; imagens de satélite mostram que essas faixas atingem áreas de 2 a 4 milhões de km² todos os anos nos meses de seca. Entre 60 e 80% das partículas naturais de aerossóis na Amazônia atuam como NCNs. Quando as emissões de queimadas são muito pequenas, as partículas biogênicas naturais produzidas pela vegetação como parte de seu metabolismo natural formam a maior

parte dos núcleos de condensação de nuvens na estação chuvosa (ARTAXO, 2003). Sem essas partículas poderíamos ter uma cobertura menor de nuvens na Amazônia.

Esses efeitos danificam a floresta mesmo distante das áreas queimadas, a absorção local de radiação solar pelos aerossóis tem efeito importante na redução de fotossíntese que sustenta a floresta. A floresta evoluiu extraindo partido de mecanismos complexos para não perder seus nutrientes críticos, como o fósforo (a floresta o recicla na fase de partículas de aerossóis), e ao mesmo tempo mantém a saúde do ecossistema. A evapotranspiração da vegetação é a maior fonte de vapor de água nas regiões tropicais, o que adiciona fatores cruciais na formação de nuvens (ARTAXO, 2003)(SALATI e VOSE, 1984).

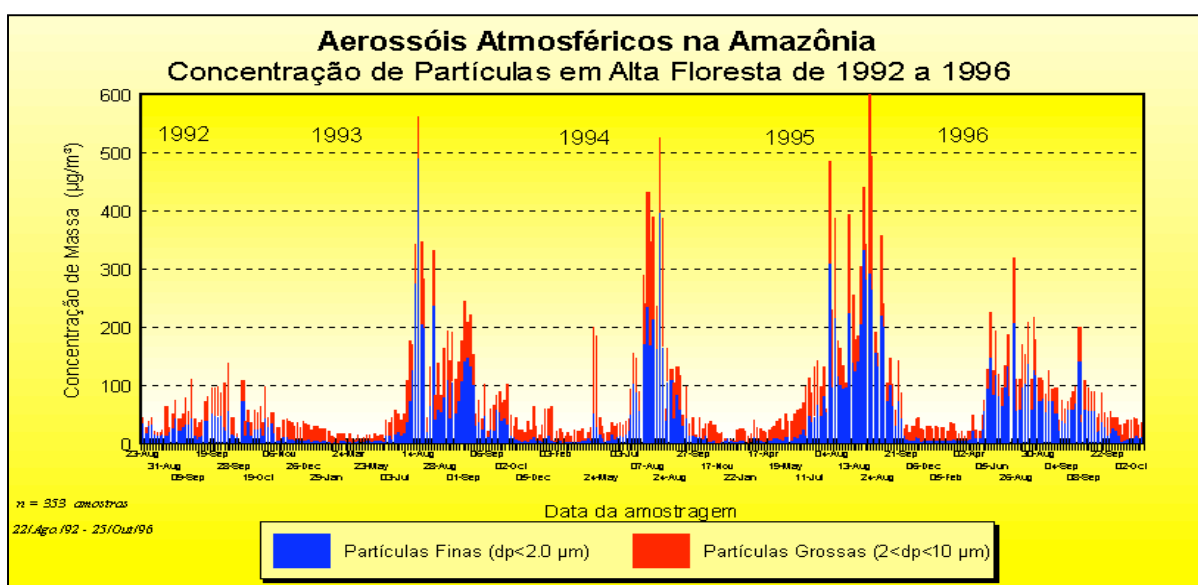


Ilustração 6 Aerossóis em Alta Floresta entre 1992 e 1996 – Mato Grosso, Brasil. Fonte : Artaxo (2003).

Hidrólogos têm subestimado a possibilidade do uso do solo pelo homem alterar o ciclo hidrológico, isso parece correto se considerado apenas uma pequena área correlacionada a todo o sistema climático da região, e se as precipitações dependessem somente de nuvens convectivas. O que no caso, não se aplica a Amazônia. Não se pode assumir que grandes quantidades de água perdidas por um aumento do escoamento superficial ocasionado pelo desmatamento, onde o regime de chuvas é dependente da reciclagem local da floresta seja irrelevante para o sistema climático. O dossel da floresta protege o solo do impacto direto das gotas de chuva, os detritos da superfície e o material orgânico também auxiliam na absorção da água evitando um escoamento superficial de grande magnitude (SALATI e VOSE, 1984). SALATI e RIBEIRO apud SALATI e VOSE (1984) concluem que 10 a 20% de redução nas precipitações seria suficiente para causar dano considerável ao ecossistema amazônico.

3.3 OS MECANISMOS DE INTERAÇÃO DA ATMOSFERA COM A SUPERFÍCIE DO SOLO (FLORESTAS, PASTAGENS E SOLO EXPOSTO)

Em massa as plantas ultrapassam todos os organismos do planeta, 99% de toda massa viva (biomassa) sobre a terra corresponde às plantas (fitomassa). Por isso, a vegetação é fator estabilizador na circulação da matéria e influencia o clima e o solo. A vegetação das florestas evoluiu durante milhares de anos na coloração de suas folhas, na rugosidade, no dossel e na sua forma de distribuição nos ecótonos, propiciando reflexão da massa foliar (no qual existe um índice para sua medida, IAF (índice de área foliar), de forma a interagir com os raios infravermelhos para o processo e a ciclagem do gás carbônico na atmosfera. Essas condições permitiram a evolução das comunidades vegetais. Com um aporte sistemático de correlação entre ventos, umidade, pressão, intensidade da luz (equador e pólos), e os estômatos das folhas. As florestas criaram características ecofisiológicas bastante complexas e delicadas, na qual as atividades humanas têm causado distúrbios (LARCHER, 2000). Citemos apenas algumas características de interação das florestas com a luz e as temperaturas para este estudo:

- A radiação difusa nas florestas é a que atravessa as folhas, nas florestas densas a radiação direta é fortemente absorvida pela copa, o que mantém a umidade entre a área do solo e a copa das árvores.
- Uma radiação mínima é a que chega ao solo, menos de 1%. A iluminação no interior da floresta é do reflexo de 12 a 15% dos raios difusos. A luz verde reflete de 10 a 20%, sendo a mais alta no visível, motivo provável pelo qual a maior parte das plantas são verdes.
- O Bioclima é determinado pelo funcionamento da comunidade vegetal. Alteração do vento em áreas desmatadas podem desencadear processos de perda de umidade na floresta e em suas áreas de amortecimento.
- A radiação incidente é convertida em calor na folha, sendo transformado em transpiração o que permite a ciclagem da água em áreas de floresta contínua.
- Em stress hídrico os estômatos das folhas se fecham não mais respondendo a fatores externos. A absorção de CO₂ também é prejudicada com stress hídrico.
- Há declínio da fotossíntese em temperaturas acima de 35 graus centígrados.

O fator clima determina as condições para o crescimento da planta e sua área de distribuição impondo limites para sua sobrevivência. A zona climática reflete os balanços de energia sob a superfície da terra em diferentes latitudes. Nas zonas equatoriais a duração do dia altera-se pouco ao longo do ano, e a variação térmica maior ocorre durante o dia. Por meio da topografia local, o clima local (mesoclima) pode ser modificado, em especial o

relevo exerce grande influência sobre fatores climáticos direcionais como a radiação e o vento (LARCHER, 2000). O bioclima é o microclima onde as plantas crescem, das partes aéreas até onde as raízes se estendem no solo (rizosfera). O bioclima é característico do tipo de comunidade vegetal, assim as plantas afetam as características locais do ambiente onde se encontram e no qual fazem parte. O bioclima sofre influências de climas sazonais e regionais. A zona climática condiciona a intensidade de radiação em função da latitude, o clima regional, determina características próprias das chuvas, e o relevo tem influência no aquecimento e a distribuição da chuva e na evaporação (LARCHER, 2000).

O desmatamento pode causar consequências irreversíveis para o microclima local, quando falamos da floresta amazônica são milhões de hectares sendo desmatados todos os anos, tamanha modificação da superfície do solo terá impactos não só no microclima local mas também no mesoclima. Uma comunidade vegetal densa influencia de maneira considerável a distribuição das precipitações que atingem o solo. Um ressecamento das florestas devido ao fogo, atividades antrópicas como o corte seletivo e o desmatamento além de afetarem o potencial hídrico da região, podem diminuir a captura de CO₂ nos estômatos das folhas. Emissões tóxicas das queimadas prejudicam todas as etapas das trocas gasosas de CO₂. A falta de água por períodos prolongados, e temperaturas muito altas limitam a fotossíntese, acarretando em restrições no ganho de carbono; se o estresse é contínuo as florestas precisam de longo período para recuperação.

Devido ao dossel, somente uma parte da chuva atinge o solo, as copas das árvores também interceptam a neblina e as nuvens baixas, funcionando como retentoras de umidade e filtro de partículas de poluentes. A maior parte da chuva interceptada pela cobertura vegetal, permanece umedecendo a vegetação, e retorna a atmosfera em forma de vapor. O grau de cobertura foliar terá grande importância sobre a retenção da precipitação. As florestas tropicais úmidas transpiram de 1500-2000 milímetros por ano. Por meio da exploração do lençol freático as plantas aceleram a circulação de água na biosfera, pois bombeiam para a atmosfera uma parte da precipitação. Na cobertura vegetal grande parte da radiação incidente é convertida na forma de calor nas superfícies foliares, sendo usado este calor para transpiração, as maiores mudanças de temperatura ocorrem justo nessas superfícies ativas, as quais são as geradoras da ciclagem da água das chuvas como veremos ao longo do capítulo (LARCHER, 2000).

A produção de biomassa é limitada pelo suprimento natural de CO₂, experimentos têm demonstrado que a fotossíntese pode aumentar por meio de concentrações de CO₂ até três vezes a mais da atual na atmosfera. Plantas sob a concentração de 100 Pa¹² CO₂,

¹² Unidades de Pressão Pascal

aumentam seu crescimento e biomassa, sob condições elevadas de CO₂ os estômatos apresentam uma menor abertura, e dessa forma menos água é perdida por evaporação. Plantas sob estresse hídrico são capazes de manter a absorção de CO₂ por um tempo maior (LARCHER, 2000; NOBRE e NOBRE, 2002). Entretanto, existem efeitos negativos da fertilização por carbono, como e.g. a retroinibição da fotossíntese, hipertrofia dos tecidos foliares, problemas de relação das partes aéreas e inferiores das plantas por excesso de carboidratos, aumento de respiração das raízes, portanto, perda de produtos fotossintéticos via sistema radicular, mais nitrogênio acumulado (plantas produzem menos flores e frutos). Com a perda de balanço dos bioelementos o crescimento perde vigor e traz efeitos negativos de resistência em situações de estresse como períodos secos(LARCHER, 2000). A acumulação de gases que absorvem infravermelho na atmosfera podem afetar as plantas de forma mais severa que efeitos diretos de CO₂ no metabolismo e crescimento.

Enéas Salati é um dos principais autores brasileiros sobre a origem e distribuição das chuvas na Amazônia, desde a década de 70 o autor vem publicando inúmeros livros e artigos sobre o assunto, tornando-se referência mundial no tema. Para SALATI e VOSE (1984), as chuvas na Amazônia variam de 1.500 a 3.000 mm por ano, com uma média de 2.000 mm na Amazônia central. Nas partes mais ao leste e mais ao oeste da bacia amazônica, as precipitações ocorrem ao longo de quase todo o ano, contudo, nas áreas centrais e mais ao sul da bacia (Estado do Mato Grosso), existe um período de seca bem definido. Deve-se definir dois tipos diferentes de nuvens nessas regiões (a) nuvens cúmulos baixos que parecem emergir da floresta iniciadas por calor latente¹³ e sensível¹⁴, e (b) nuvens altas troposféricas do continente sul americano, com padrão de circulação peculiar na região. Para Salati e Vose (1984) cerca de 50% da água precipitada na floresta é evapotranspirada como vapor de água de volta à atmosfera, e desses 50%, 48% voltam a cair novamente como chuva, representando uma alta taxa de reciclagem pela floresta tropical, com uma média de reciclagem de 5.5 dias.

Para SALATI *et al.* (1978), o ciclo hidrológico na Amazônia não pode ser separado da floresta, pois ela é parte determinante do sistema climático local, criando as condições necessárias para a ocorrência de precipitações, o que neste caso torna inseparável o papel da floresta de coadjuvante no ciclo. SALATI *et al.* (1978) conduziram análises de modelos criados por uma série de autores sobre os efeitos do desmatamento nas chuvas da bacia Amazônica, determinando 3 métodos de modelagem. O primeiro consiste do monitoramento de 2 bacias; com o passar dos anos, em uma delas é retirada a vegetação e observa-se os padrões que se seguem, no segundo, é feita a computação de equações dos balanços de

¹³ Transferência de calor sem variação da temperatura, durante a qual toda a energia térmica é usada na mudança de fase, como quando aquecemos um cubo de gelo (o gelo derrete, mas sem mudar de temperatura).

¹⁴ Refere-se à transferência de energia (calor) acompanhada de variação da temperatura sem mudança de fase.

água e energia, e no terceiro, são estabelecidos os valores dos fluxos atmosféricos de água nas suas diferentes fases, e a variação das quantidade de água na atmosfera sobre a região.

No primeiro método conclui-se que 44% das precipitações da bacia Amazônica são descarregadas pelos rios e 56% deixam o solo por processo de evapotranspiração, no segundo método, verificou-se que mais de 50% das precipitações são geradas por mecanismos de reciclagem da floresta com a atmosfera, evidenciado o papel de transpiração das árvores na geração e manutenção de chuva na Amazônia. No terceiro método, verificou-se que as precipitações seriam influenciadas por duas massas de vapor de água misturadas, uma com influência de vapor de água do Oceano Atlântico e da transpiração prévia (atmosférica), e outra gerada pela transpiração das plantas. Esse último modelo parece ter caracterizado melhor as fontes reais de origem das precipitações na região. Dependendo do mês, até 50% do vapor de água atmosférico que dá origem as precipitações é originado da transpiração das plantas.

Estudos mais atuais explicam que é provável que a vegetação sul americana (Floresta Amazônica) também tenha um papel fundamental de influência e na distribuição das chuvas e da umidade no continente como citam Makarieva *et al.* 2009; e Sheil e Murdiyarso, 2009. Essas pesquisas apontam que as coberturas florestais têm papel fundamental na circulação atmosférica e na ciclagem da água na terra. Estudos como os de Makarieva *et al.* 2009 demonstram que as precipitações continentais em áreas com ausência de vegetação florestal tendem a uma rápida diminuição conforme distanciam-se das regiões costeiras; em contrapartida, nas áreas florestadas as precipitações não declinam em seu caminho ao interior do continente. Como a maior parte da energia solar que é utilizada pela biota é transpirada (i.e. evaporação da água pelos estômatos durante a fotossínteses), é esperado que a transpiração seja o processo chave no processo de bombeamento de umidade pela floresta. Na superfície, as correntes de ar ascendentes devem ser substituídas pelo ar que flutua horizontalmente de áreas adjacentes, onde a força é menor, para dentro da região ascendente. O valor estacionário da força, que pode ser nomeado como força evaporativa (MAKARIEVA e GORSHKOV, 2007), é determinado pela taxa pela qual o vapor de umidade é adicionado a atmosfera para compensar sua condensação, i.e. taxa de evaporação.

Fluxos horizontais de vapor de água e ar, devem ser direcionados de áreas com evaporação fraca e de pouco poder evaporativo para áreas de intensa evaporação e alta força evaporativa. É aqui onde o papel significante da cobertura vegetal na circulação da atmosfera se torna evidente. É fisicamente possível que a evapotranspiração de várias camadas/planos de folhas do dossel da floresta, excedam a evaporação da camada/plano único da superfície do oceano (contando que a temperatura local é mantida também por um *input*/entrada adequado de calor). A força evaporativa então é mais forte no dossel da

floresta, que no oceano, fazendo com que o ar úmido do oceano flua para as regiões com floresta nos continentes. Quando esse ar sobe e precipita, o ar seca, e retorna para o oceano em atmosfera mais alta. Essa circulação atmosférica constitui a essência do bombeamento de umidade induzido pela floresta (MAKARIEVA e GORSHKOV, 2007).

Se o padrão é bioticamente mantido, é esperado que as florestas naturalmente reajam a falta de umidade (secas) aumentando sua transpiração em ordem a aumentar esses fluxos com o oceano, diminuindo assim a escassez da água. Esse prognóstico pode ser semelhante a evidências encontradas nas florestas amazônicas nativas, que apresentaram um rápido “esverdeamento” durante a seca. A força evaporativa é sempre maior sobre o oceano que nos desertos. Essa força faz o ar oceânico subir e efetivamente sugar o ar do deserto para o oceano, onde é substituído pela massa de ar oceânica que se encontra sobre a superfície do mar. Como consideração adicional, a diferença nos padrões de fluxos de evaporação e forças evaporativas entre o equador e altas latitudes, causadas pela diferença absorvida no fluxo solar correspondente, levará a um aumento na circulação. A restauração gradativa das florestas poderá levar a um aumento significativo no ciclo da água, inclusive em áreas áridas, mitigando o processo de desertificação (onde recentemente começaram).

Sheil e Murdiyarso (2009) citam que o desmatamento pode aumentar a sazonalidade climática local e diminuir a formação de nuvens de chuva. A turbulência climática associada a nuvens de convecção são freqüentes em fragmentos de remanescentes de mata em áreas antropizadas, ao contrário de áreas de cultivos e pasto (BONAN, 2008). O Desmatamento já reduziu fluxos de vapor de umidade em quase 5%, sem previsões que este número pare de aumentar. A chuva pode diminuir em até 95% no interior dos continentes; modelos prevêm somente redução moderada de 20 a 30%, contudo, não consideram perfeitamente o papel da vegetação no clima. Há incertezas quanto a essas ligações (área foliar reduzida, profundidade das raízes, rugosidade do dossel e extensão - influência nos fluxos de ar - e alto albedo e.g. reflexão). Correntes de ar perto da superfície da terra fluem para onde a pressão é mais baixa, são essas regiões as com maiores taxas de evaporação. As florestas tropicais têm as taxas mais altas de evaporação, até maiores que as dos oceanos. Quanto maior a floresta, maior o acúmulo de evaporação, podendo chegar a 2 m de água evaporado por ano (LOESCHER et al. 2005). A evaporação da floresta é beneficiada pela altura de seu dossel e rugosidade que levam turbulências aos fluxos de ar. Não importa a localidade ou sazonalidade do clima, áreas sem florestas mostram redução quase exponencial no acúmulo total de chuva em áreas afastadas da costa, enquanto áreas florestadas não.

A evaporação na estação seca, não se sobrepõem a do oceano em florestas da América do Sul, mas de acordo com Makarieva et al. (2009) a diferença se mantém pequena e é bem provável que aumente as chances de precipitações em terra nesta estação. A estação chuvosa pode começar antes em áreas com florestas ao contrário de áreas sem vegetação. Isso sendo comprovado no sul da Amazônia onde a seca reduz o potencial de transpiração da vegetação e prorroga o início da estação chuvosa (FU e LI, 2004). O desmatamento na costa pode ser suficiente para parar o afluxo de umidade para o interior. Se extensas áreas forem destruídas o aporte de umidade pode se tornar do continente para o oceano, secando os remanescentes de floresta no interior do continente. No Brasil essa correlação foi detectada na Floresta Atlântica: a redução na cobertura

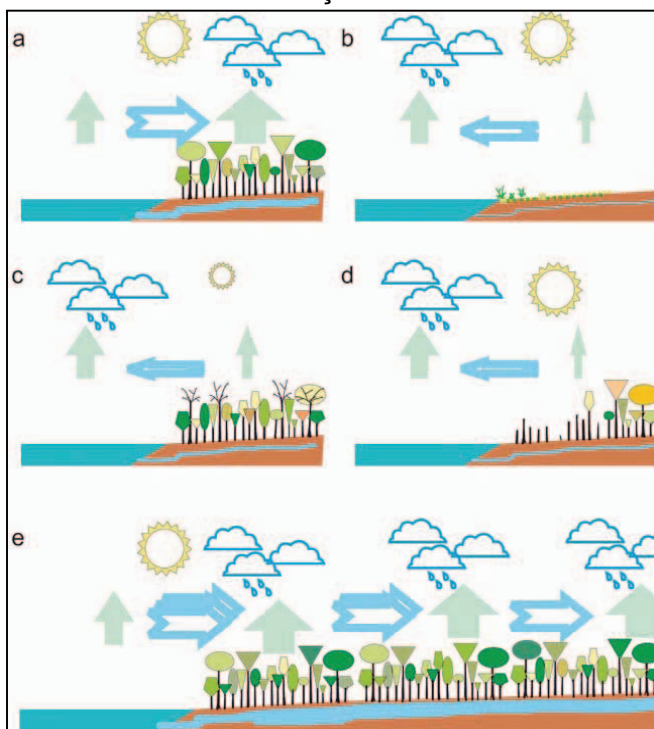


Ilustração 7 Bomba de Sução Biótica. Fonte: Sheil e Murdiyarso, 2009.

florestal aumentou as variações inter- anuais de chuva (WEBB *et al.*, 2005). De acordo com a figura de Sheil e Murdiyarso:

A) Florestas têm maior potencial de evaporação que oceanos em condições de pleno sol.

B) Nos desertos a evaporação é menor e o ar é carregada ao oceano.

C) Em climas sazonais na estação seca a energia do sol não é suficiente para criar níveis altos de evaporação, contudo na época chuvosa altos níveis de evaporação são restabelecidos.

D) Com o desmatamento o balanço da evaporação é alterado e não consegue contra-balancear o do oceano,

o ar flui para o oceano, e a terra se torna árida e não apta para manter florestas.

E) A cobertura florestal mantém altos níveis de evaporação conduzindo a chuva para o interior do continente.

Se esta nova hipótese se comprovar, tomadores de decisão nas políticas públicas deverão rever seus planejamentos além de códigos e leis vigentes no que tange as atividades florestais de preservação, conservação e fins diversos do uso da terra. Isso poderá afetar toda maneira como vemos a biodiversidade e o ciclo hidrológico.

Para o relatório do IPCC de 2007,

a conversão de grandes áreas de floresta tropical em pastagem poderia reduzir o ciclo hidrológico na região amazônica, o pasto tem a área foliar

bastante inferior a da floresta (MCWILLIAM et al., 1993). A evapotranspiração é proporcional à área foliar, logo, a água reciclada por meio da floresta é muito maior do que a reciclada através da pastagem, especialmente na época da seca, quando o pasto seca e a floresta continua verde (ROBERTS et al., 1996). Isto é agravado pela descarga de água muito superior sob pastagem, com aumentos de mais de 1.000% em pequenas parcelas de (10m²) (FEARNSIDE, 1989). Pastagens de gramíneas forrageiras podem compensar parcialmente a evapotranspiração reduzida, aumentando a sua eficiência de uso da água quando a umidade do solo é baixa, enquanto que as árvores mantêm a eficiência constante (MCWILLIAM et al., 1993). O Solo sob pastagem se torna rapidamente compactado, inibindo a infiltração das chuvas no solo (SCHUBART et al., 1976). A chuva caindo sobre o solo compactado flui rapidamente, tornando-se indisponível para mais tarde ser liberada para a atmosfera por meio da transpiração. O menor sistema radicular da pastagem, em comparação ao de floresta, impede a pastagem de transpirar durante os períodos de seca (NEPSTAD et al., 1994, 1999).

Se o grau de desmatamento expandir-se substancialmente a grandes áreas, há grande confiança que a redução da evapotranspiração conduzirá a uma menor precipitação durante períodos secos na Amazônia, e há confiança em que a precipitação média será reduzida no centro-oeste, centro-sul e sul do Brasil (LEAN et al., 1996). Embora a precipitação total anual na Amazônia diminuiria por apenas 7% a partir de conversão da floresta para pastagens, com base em simulações com o modelo Hadley Centre, em agosto (estação seca), a média de chuvas diminuiria de 2,2 mm dia(-1) com a floresta, para 1,5 mm dia(-1), uma diminuição de 32% (LEAN et al., 1996). Simulações de conversão da floresta Amazônica para pastagem, utilizando o modelo Météo-France Emeraude MGC, indicam reduzida umidade volumétrica do solo no "arco do desmatamento", onde a atividade está concentrada ao longo da fronteira sul da Floresta Amazônica (IPCC, 2001)

O IPCC (2001) alude à modelos e experimentações em campo que demonstraram que 50% das precipitações na região Amazônica são originadas por meio de água reciclada pela floresta. Na região Amazônica até pequenas mudanças na evapotranspiração afetam fluxos no vapor de água. O relatório faz referência de que as mudanças na cobertura florestal da Amazônia reduzirão as precipitações por efeito da redução da evapotranspiração em áreas na bacia e além da bacia Amazônica. Mudanças nas chuvas dessa região afetarão também a região centro sul do Brasil, onde a maior parte da agricultura e silvicultura do país estão estabelecidas. Na região Amazônica foram identificadas variabilidades multidecais nas chuvas nas porções norte e sul da bacia, com tendências opostas (MARENGO *et al.*, 2000 *apud* IPCC, 2001). O período de 1950-1976 foi regionalmente mais úmido no norte da Amazônia, mas desde 1977 a região tem estado mais seca. Para Marengo *et al.* (1998); Marengo e Nobre (2000) *apud* IPCC (2001), este período seco não parece estar associado ao desmatamento. Outra perspectiva importante é que as descargas nos rios não têm apresentando mudanças de tendência unidirecionais significativas apesar de sua variabilidade multidecadal (RICHEY *et al.*, 1989; MARENGO, 1995 *apud* IPCC, 2001). No

que tange as temperaturas, Victoria *et al.*, 1998 *apud* IPCC (2001) detectaram uma tendência de aquecimento significativo de + 0,63 °C em 100 anos.

Existe um ponto de contra-senso dentro do próprio relatório do IPCC (2001) para a América Latina, o relatório admite que mudanças na cobertura vegetal podem afetar o ciclo hidrológico da região Amazônica devido a interação da evapotranspiração da floresta com a reciclagem da água. Contudo, há citações no relatório que afirmam não haver uma correlação do desmatamento com a diminuição nas chuvas como citam Marengo e Nobre (2000) no parágrafo anterior. Por outro lado, uma série de autores como vemos a seguir retratam outra realidade:

A maior dependência de água derivada da evapotranspiração na estação seca significa que a conversão da floresta para pastagem faria com que este período se torne mais seco trazendo repercussões negativas sobre a floresta, mesmo que a precipitação total anual permanecesse inalterada (FEARNSIDE, 1995). Em manchas de floresta isolados por pastagem, as árvores nas bordas da floresta perecem em maior taxa do que os indivíduos em floresta contínua (LAURANCE *et al.* 1997, 1998; LAURANCE, 1998). Condições microclimáticas mais secas foram encontradas nas arestas das áreas de fragmentação, causadas por atividades antrópicas nas florestas (KAPOS, 1989). Maior estresse hídrico, como indicado pela alteração de 13°C nas folhas das árvores estendem-se até 60m dentro da floresta, a partir de uma área de aresta (KAPOS *et al.*, 1993). A mortalidade dos indivíduos arbóreos aumenta significativamente até 100m da borda da floresta (LAURANCE *et al.*, 1998). As áreas de aresta da Floresta se continuarem a crescer com o avanço do desmatamento tornariam as bordas da floresta mais suscetíveis aos efeitos da redução da precipitação. Conseqüentemente as áreas de cultivos e pastos receberão e, ou, recebem menos precipitação que as áreas de floresta.

Uma maior ocorrência das secas, reforçada pelos efeitos do desmatamento poderia conduzir a perda gradativa do resto da floresta, uma vez que uma substancial porção da região é convertida em pastagem. Os maiores efeitos são susceptíveis de ocorrer durante fenômenos ocasionais como El Niño (TIAN *et al.*, 1998, NEPSTAD *et al.* 1999). A precipitação na Amazônia é caracterizada por uma enorme variabilidade de um ano para o outro, mesmo na ausência de massivo desmatamento (FEARNSIDE, 1984, WALKER *et al.*, 1995). Se a contribuição de chuvas da floresta para a época seca diminuir, o resultado seria o aumento da probabilidade de secas, que são mais graves do que àquelas experimentadas nos séculos ou milênio sobre o qual a floresta se estabeleceu. Graves secas ocasionais que aniquilam árvores de muitas espécies serão mais comuns. O resultado seria a substituição de floresta tropical úmida por espécies mais tolerantes à seca, com mais formas arbustivas, vegetação aberta semelhante ao cerrado (matagal cerrado) do Brasil central (SHUKLA *et al.*, 1990).

Evidência arqueológicas sugerem que catastróficos incêndios têm ocorrido na Amazônia durante grandes eventos de El Niño quatro vezes ao longo dos últimos 3.500 anos: 1.500, 1.000, 700 e 400 A.C (MEGGERS, 1994). O aumento do início de focos de

incêndio, juntamente com aumento de inflamabilidade florestal madeireira, já resultou em substancial incursões dos incêndios na floresta em pé, no leste e sul da Amazônia durante anos secos (UHL e BUSCHBACHER, 1985; UHL e KAUFFMAN, 1990; COCHRANE e SCHULZE, 1999; COCHRANE et al., 1999, NEPSTAD et al., 1999). Secas conduzirão a um aumento na área e completude de combustão em clareiras na Amazônia, contribuindo a fumaça e poeiras que funcionam como fontes de nutrientes de origem eólica para o meio florestal (TALBOT et al., 1990).

Se a frequência de eventos El Niño aumentar como consequência do aquecimento global (TIMMERMANN et al., 1999), as florestas libertarão suas grandes reservas de carbono para a atmosfera. O futuro da acumulação de CO₂ na atmosfera, e, consequentemente, o momento em que a concentração atinja "perigosos" níveis, depende da contínua absorção de carbono pela biosfera, incluindo uma importante contribuição a partir da Floresta Amazônica. É importante salientar que cada grau de alteração na temperatura em um ambiente tropical pode ser "percebido" pelas espécies da floresta como uma maior variação do que seria o caso para a mesma mudança de temperatura em uma floresta temperada (JANZEN, 1967).

Os modelos de mudanças climáticas globais indicam uma série de resultados para o efeito global do aquecimento sobre a precipitação na Amazônia. Geralmente se espera seca; alguns modelos indicando maior seca do que outros, o modelo do Centro Hadley's HadCM2 indica clima seco na Amazônia. Processos com base em modelos que utilizam um clima simulado do ecossistema Amazônico mostram grandes declínios na produtividade primária líquida (NPP) e liberação de carbono como resultado da morte da floresta (FRIEND et al., 1997). Note-se que cenários disponíveis como e.g. NAKICENOVIC et al., 2000 representam as mudanças no clima resultantes apenas de alterações na composição da atmosfera, não nos impactos regionais de uso da terra, tais como mudanças e substituição da floresta amazônica por pastos.

O modelo que inclui mudanças climáticas induzidas por humanos para o ano de 2050 aponta para redução de zonas florestais de até 5% na América Latina (ZUIDEMA et al., 1994). As estimativas de desmatamento utilizadas nesses cálculos se baseiam nas áreas necessárias para satisfazer a demanda esperada para os produtos agrícolas. No caso do Brasil, o desmatamento é susceptível de ultrapassar essas previsões, pois grande parte do desmatamento decorre de motivações que vão além do consumo de produtos agrícolas (HECHT et al., 1988; REIS e MARGULIS, 1991; HECHT, 1993; FEARNESIDE, 1997). O uso da terra interage com a mudança climática por meio de processos de retornos positivos que aceleram a perda de florestas amazônicas no Brasil.

A síntese dos resultados do desmatamento (substituição de floresta por pastagens) e o clima, apresenta ainda sistematicamente, uma diminuição de evapotranspiração aliada a um crescente albedo (menos energia absorvida), um decréscimo na rugosidade, na

superfície foliar e no sistema radicular. A diminuição da evapotranspiração está relacionada com um aumento nas temperaturas superficiais. A maioria dos modelos (mas não todos) prevêem uma diminuição de precipitações aliado a uma redução do albedo, devido ao aumento da convecção e a baixa rugosidade. Assim, o fluxo de calor latente e sensível varia pouco acima da floresta (o razão de Bowen¹⁵ estabiliza ao longo do ano entre 0,3 e 0,4), os valores acima das pastagens são variáveis ao longo do ano. Durante a estação seca, o fluxo de calor latente diminui fortemente nas pastagens, mas por outro lado, o sistema radicular de árvores lhes permite chegar a água no solo, e continuar a assegurar um fluxo semelhante comparável à de uma estação chuvosa.

O fluxo de calor sensível é sempre maior nas pastagens, mesmo durante a estação chuvosa. No total, a razão de Bowen nas pastagens é discernível por uma forte sazonalidade de 0,4 para 0,8 no período chuvoso na época da seca. Na escala local, o aumento do calor sensível em detrimento do fluxo de calor latente deve ser traduzida em um aumento das temperaturas máximas observadas, sob o abrigo em regiões desmatadas. Assim, durante a estação seca a intensidade dos fluxos de calor sensível na pastagem tem como consequência, a camada limite convectiva (CBL) perto de 500 metros complementar, quando comparados com a floresta (FISCH et al, 2004). Ao invés de permanecer confinadas nas camadas mais baixas, a mudança de superfície, portanto, tem implicações em diferentes níveis da atmosfera e pode afetar todos os parâmetros climáticos: temperatura, umidade, chuva, etc.

A água tem a segunda maior capacidade térmica depois da amônia. Neste caso, como uma bomba de água hidráulica as moléculas de água sobem do solo passando pela planta, o fluxo de água move-se continuamente do solo para as folhas. A água tem uma função estrutural nos vegetais (na floresta), ela força para fora a parede da celulose como um balão. Na fotossíntese é separado o oxigênio e o hidrogênio, e logo, é capturado o gás carbônico. A alta tensão superficial evapora no ar pelas folhas, como e.g., uma sequóia pode evapotranspirar até 1000 litros de água por dia. O papel da floresta não parece ser produzir as nuvens na época seca, mas sim, manter uma alta umidade preservando as funções do ecossistema. A energia potencial na floresta é mais forte, mas o mecanismo de ascensão é inferior ao das áreas desmatadas.

Para o IPCC (2001), os acordos internacionais que contemplem questões ambientais são de extrema urgência e serão muito importantes a longo prazo. Problemas dessa magnitude podem gerar desavenças político climáticas entre países do Conesul, pois grande parte da Amazônia está em território brasileiro, e sua conservação depende

¹⁵ Parâmetro para medir o o fluxo contínuo da evapotranspiração.

principalmente dos brasileiros e dos países que possuem partes do bioma em seu território. Paraguai, Bolívia, e Argentina poderão reivindicar direitos, caso as chuvas em seus territórios sejam diminuídas à custa do desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira. Tais acordos estabelecerão regras de condutas relacionadas a conservação dos recursos naturais bióticos e abióticos, incluindo a manutenção do fluxo ecossistêmico, da resiliência dos diversos biomas, concebendo os possíveis câmbios climáticos. Um grande desafio para a maioria dos países Latino Americanos. A capacidade de adaptação socioeconômica dos sistemas Latino Americanos é muito baixa, particularmente no que se refere a eventos climáticos extremos; a alta vulnerabilidade reitera a pertinência da política ambiental internacional às mudanças climáticas sugerida pelo relatório IPCC (2001 e 2007).

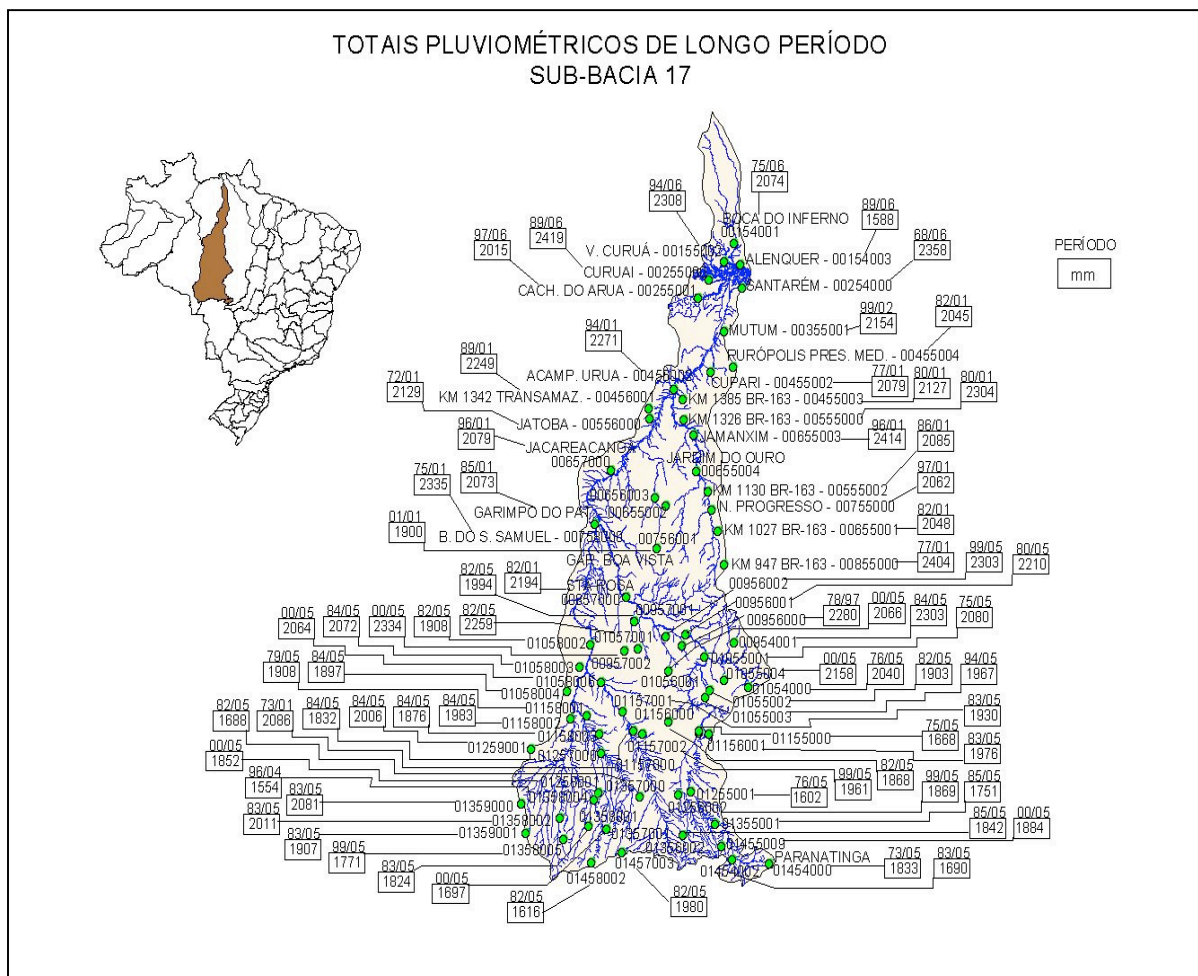


Ilustração 9 Totais pluviométricos de longo período na sub-bacia 17 (Tapajós) da bacia Amazônica. Fonte : ANA (Agência Nacional de Águas). 2009.

Nos mapas acima estão contempladas as duas bacias que fazem parte do estudo de caso, assim como as estações pluviométricas da ANA utilizadas na pesquisa. Logo a área de estudo de caso engloba 2 sub-bacias da bacia Amazônica. Ambas ilustrações tem o intuito de dar maior detalhamento na localização das estações em uma perspectiva hidrológica.

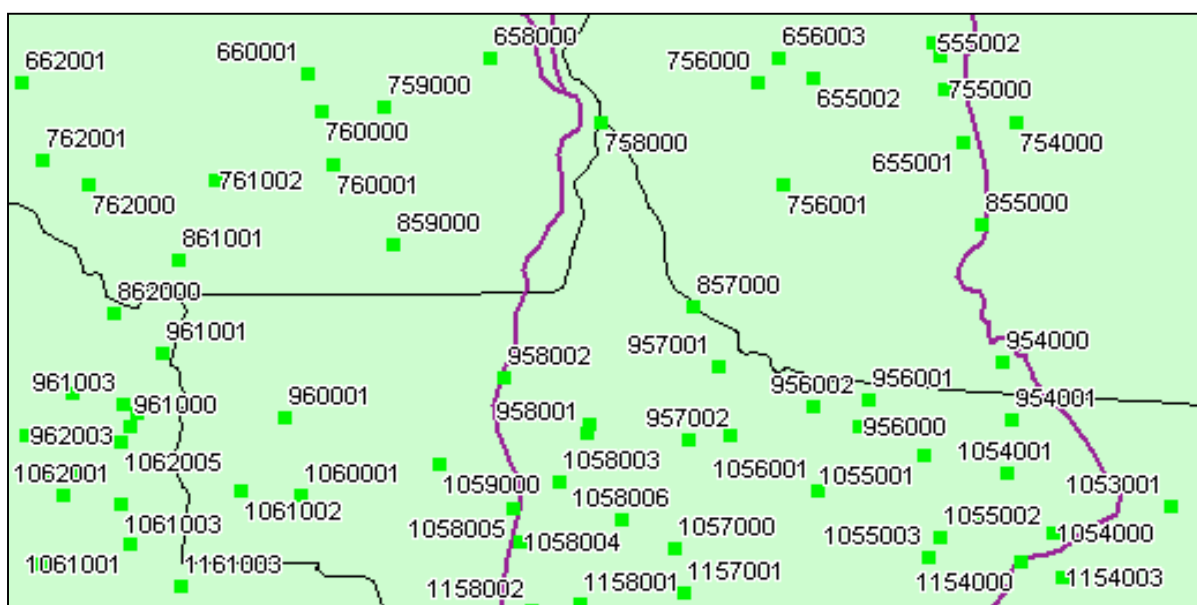
A base de dados das estações pluviométricas utilizadas nesta pesquisa são da ANA – Agência Nacional de Águas, e estão disponíveis no software Hidroweb, no link da página de dados históricos (www.ana.gov.br). Inicialmente foram selecionadas 50 estações do Norte Central e Noroeste do Estado do Mato Grosso respectivas à área de pesquisa, entretanto, com as lacunas nas séries históricas ou o breve tempo de observação foram descartadas 20 estações. As estações podem conter falhas nos dados. Para solucionar essas incertezas, o pesquisador utilizou métodos disponíveis em softwares meteorológicos estatísticos para verificar os registros das precipitações.

No quadro a seguir a listagem das estações com seu número de registro conforme o site da ANA, e o nome do município onde estão localizadas. As séries abrangem as

décadas de 70, 80, 90 até o ano de 2008. E no Mapa 10 a seguir, um zoom das bacias e as estações pluviométricas no norte do Mato Grosso.

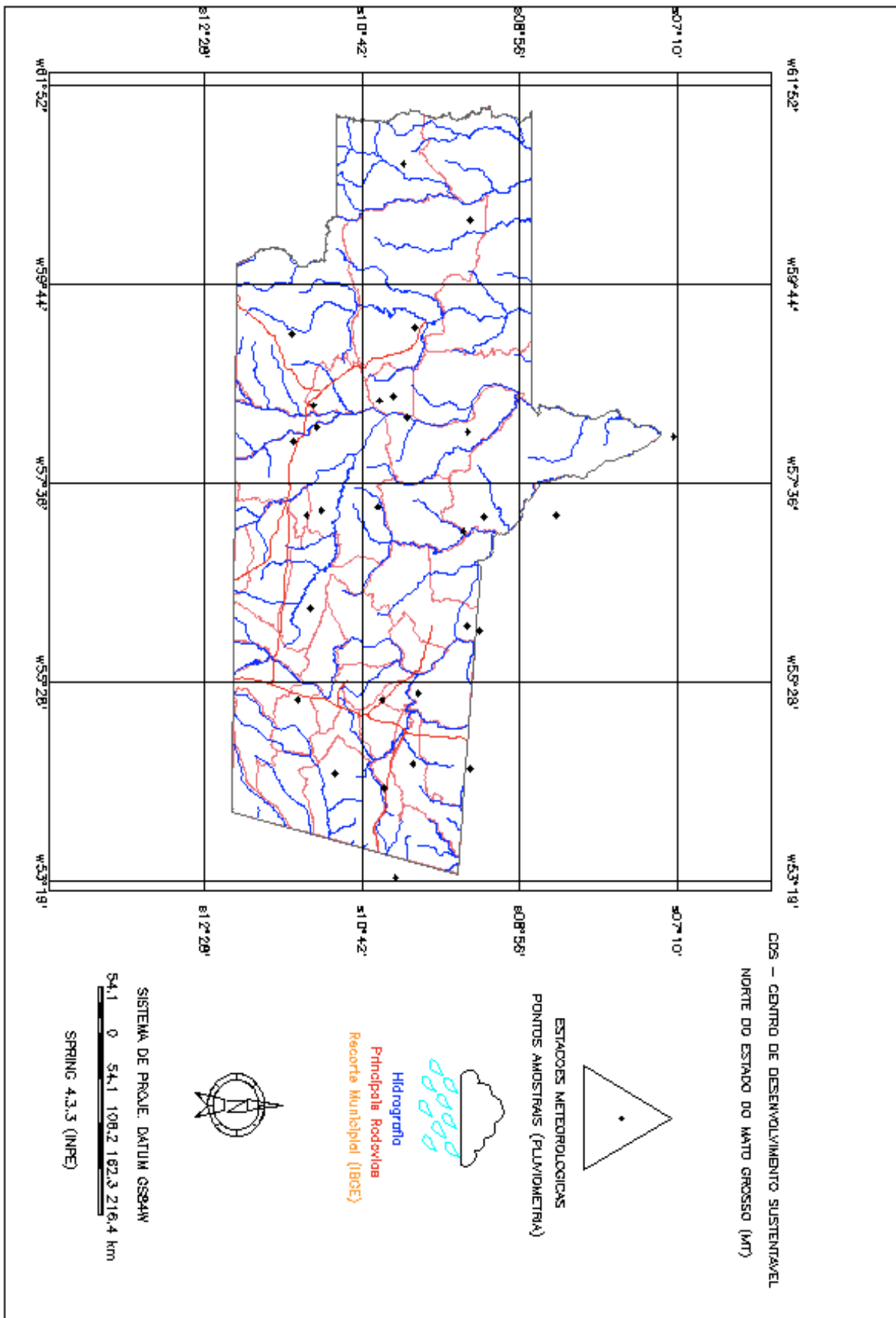
| Código Localizador (ANA) Hidroweb | Nome do Município do Norte e Noroeste do Estado do Mato Grosso | Décadas Disponíveis | Localização Geográfica da Estação Meteorológica Lat.Long, (2007) |
|--|---|----------------------------|---|
| 857000 | Alta Floresta | 1982-2008 | -08 5213 -57 2459 |
| 956000 | Alta Floresta | 1978-2005 | -09 5213 -56 0608 |
| 956001 | Alta Floresta | 1980-2007 | -09 3833 -56 0106 |
| 1055001 | Alta Floresta | 1975-2008 | -10 0645 -55 3412 |
| 1057001 | Alta Floresta | 1982-2008 | -09 5629 -57 0755 |
| 957001 | Aripuanã | 1982-2008 | -09 3357 -57 2339 |
| 960001 | Aripuanã | 1976-2001 | -09 4800 -60 4126 |
| 1058002 | Aripuanã | 1982-2008 | -09 5122 -58 1449 |
| 1058004 | Aripuanã | 1984-2008 | -10 5002 -58 4808 |
| 1058005 | Aripuanã | 1985-2008 | -10 3517 -58 5203 |
| 1059000 | Aripuanã | 1978-2008 | -10 1029 -59 2703 |
| 1061002 | Aripuanã | 1982-2008 | -10 2349 -61 0243 |
| 1158001 | Aripuanã | 1979-2008 | -11 2027 -58 2013 |
| 1158003 | Aripuanã | 1984-2006 | -11 4638 -58 0421 |
| 1159000 | Aripuanã | 1984-2008 | -11 4907 -59 1930 |
| 758000 | Borba (AM) | 1975-2008 | -07 2020 -58 0918 |
| 1055002 | Colider | 1982-2008 | -10 4755 -55 2655 |
| 954001 | Guaratã do Norte | 1984-2008 | -09 4902 -54 5309 |
| 1054000 | Itaúba | 1976-2008 | -10 4446 -54 3246 |
| 1154000 | Itaúba | 1983-2008 | -11 0010 -54 4819 |
| 1157001 | Juara | 1983-2008 | -11 1509 -57 3021 |
| 1158002 | Juína | 1984-2008 | -11 2431 -58 4304 |
| 1058003 | Juruena | 1984-2008 | -10 1956 -58 2953 |
| 1053001 | Marcelândia | 1976-2008 | -10 3221 -53 3632 |
| 1057000 | Porto dos Gaúchos | 1978-2000 | -10 5253 -57 3452 |
| 1156000 | Porto dos Gaúchos | 1982-2008 | -11 2817 -56 2528 |
| 1157000 | Porto dos Gaúchos | 1973-2007 | -11 3209 -57 2502 |
| 1155000 | Sinop | 1975-2008 | -11 3911 -55 4206 |
| 1156001 | Sinop | 1983-2008 | -11 4238 -55 2750 |
| 1154001 | Vera | 1982-2008 | -11 5545 -54 5953 |

Quadro 5 Estações utilizadas no estudo de caso no norte do Mato Grosso. As colunas são auto-explicativas.



Mapa 9 Mapa das estações meteorológicas no Norte do Mato Grosso com a divisão das subbacias dentro da bacia Amazônica. Notar o posicionamento geográfico das mesmas conforme o município, disponível na tabela 9 acima. Fonte : ANA (Agência Nacional de Águas, Hidroweb (2009).

Abaixo o mapa de localização das estações selecionadas para o estudo de caso:



Mapa 10 Amostragem das estações pluviométricas selecionadas para o estudo de caso.

Os dados das precipitações foram tratados primeiramente por meio dos programas Access e Excel do pacote Windows Office. Logo, foram criados arquivos em formato texto para alimentar o programa de verificação dos dados pluviométricos. O programa consiste em uma plataforma estatística chamada R, e uma série de programas climatológicos específicos. Para resultados fidedignos e passíveis de utilização na pesquisa, a homogeneização conteve parâmetros metodológicos de estatística, os quais são utilizados por esses programas. Para esse trabalho foram utilizados os programas RCLIMDEX 1.0 e RHtestV3. Tais programas são gratuitos, seus manuais, artigos e metodologia estão disponíveis no endereço da web: <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>.

O pacote do programa RHtestV3 pode ser utilizado para detectar e ajustar a favor mudanças múltiplas que possam existir em uma série de dados, as quais podem conter erros auto-regressivos e de primeira ordem, excluindo as séries de dados diários de precipitação, para o qual o pacote RHtest_dlyPrpc foi utilizado.

As séries temporais que estão sendo testadas podem conter tendência zero ou uma tendência linear durante todo o período de registro. Uma série temporal homogênea que é bem correlacionada com a série de base pode ser usada como uma série de referência. No entanto, a detecção de mudanças também é possível com o programa RHtestV3, quando uma série de referência homogênea não está disponível. O RHtestV3 é uma versão estendida do programa RHtestV2. A extensão inclui: (1) prestação de "Quantis-Matching (QM), além da média dos ajustes que foram fornecidos no RHtestV2; (2) escolha do segmento a que a série de base seja ajustada (referido como o segmento de base) e (3) escolhas do nível nominal de confiança no qual se deve realizar o teste. Este pacote foi desenvolvido e mantido por Xiaolan e Feng Wang Yang no Climate Research Division de Ontário no Canadá <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>.

No que concerne a pesquisa, o programa RHtestV3 foi utilizado com sucesso no tocante a normalização dos das precipitações em gráficos, contudo, o programa não gerou qualquer tipo de homogeneização em formato de dados. Logo, o pesquisador preferiu abdicar da utilização do programa. Um exemplo da utilização é ilustrado nos gráficos 5 e 6. Onde os dados foram normalizados e homogeneizados por meio do RHtestV3. As lacunas nos dados foram preenchidas com os valores de -99.9 conforme o pré-requisito do programa

Como exemplo abaixo, estão os resultados encontrados na série histórica da estação pluviométrica de número 954001 com o software RHtestV3; salientado que para este exemplo foram omitidos os dias (00) e calculados os valores mensais durante o ano de 1985 até 2008. No primeiro e segundo gráficos estão ilustradas as séries com suas devidas anomalias, e no terceiro e quarto gráfico, as anomalias já devidamente tratadas e homogeneizadas pelo programa:

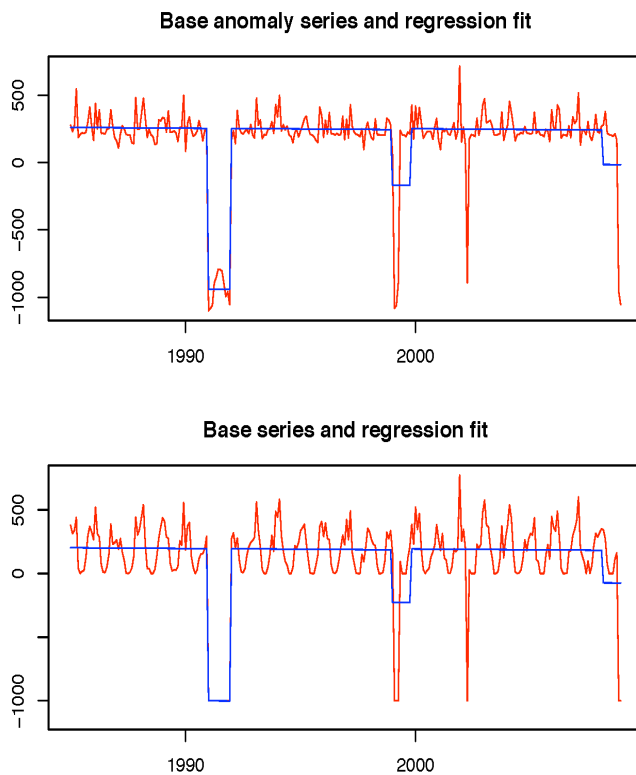


Gráfico 5 Dados da Estação 954001. Verifica-se as anomalias nos dados dos períodos entre 1990 e 2000, e 2000 e 2008.

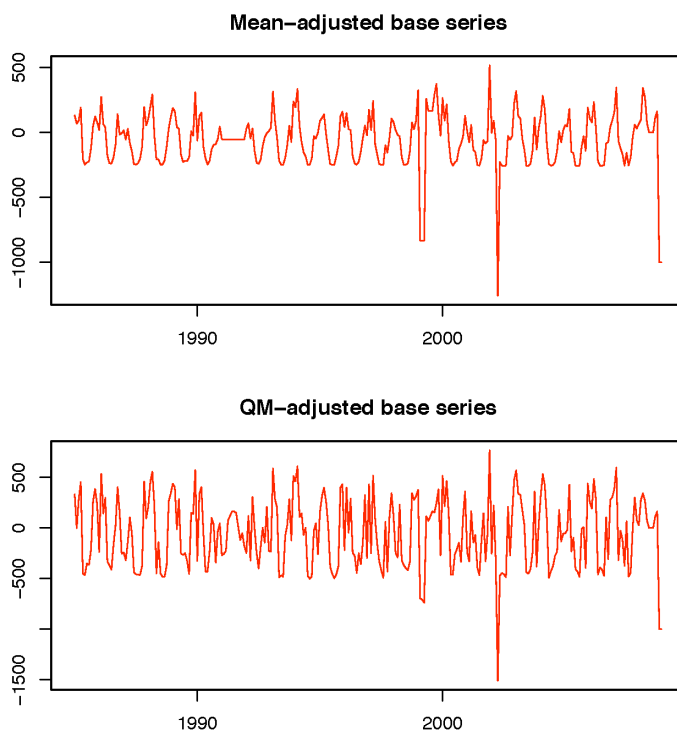


Gráfico 6 Dados da Estação 954001. Dados normalizados e homogeneizados pelo software RHtestV3.

Já o programa RCLimindex 1.0 forneceu uma interface gráfica amigável para computar todos os índices de núcleo (precipitação). Ele também realizou o controle de qualidade simples sobre os dados de entrada diária das precipitações (utilizados na geração dos gráficos do ANEXO I). O programa foi desenvolvido e é mantido por Xuebin Zhang e Feng Yang no Climate Research Division, foi usado pela primeira vez na África do Sul em Workshop na cidade de Cape Town em junho de 2004, e tem sido utilizado em outras oficinas e congressos <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>.

O programa RCLIMDEX 1.0 possibilitou a análise dos dados das 30 estações escolhidas e gerou 30 gráficos de precipitações, os gráficos de precipitação total anual para as 30 estações estão disponíveis no anexo I deste trabalho. Para o cálculo das precipitações foram utilizados os dados diários das 30 estações. A categoria precipitação total foi escolhida, porque contabiliza qualquer chuva acima de 1 mm. Abaixo as categorias de análises disponíveis no programa:

- RX1day Max 1-dia : quantidade de precipitação mensal máxima 1-precipitação mm dia;
- Rx5day Max 5-dia : quantidade de precipitação máxima mensal consecutiva 5-precipitação mm dia ;
- Simple SDII : índice de intensidade diária da precipitação total anual, dividido pelo número de dias úmidos (definido como PRCP (precipitação) > = 1,0 mm) no ano mm / dia ;
- R10 : Número de dias de precipitação intensa contagem anual de dias em que PRCP > = 10mm Dias ;
- R20 : Número de dias de precipitação intensa contagem anual de dias em que PRCP > = 20 milímetros Dias ;
- Rnn : Número de dias acima contagem milímetros nn anual de dias quando PRCP usuário > = mm nn, nn é definido pelo limiar de dias ;
- CDD : dias consecutivos de seca o número máximo de dias consecutivos com RR <1mm Dias ;
- CWD : dias consecutivos molhado, número máximo de dias consecutivos com RR > = 1mm Dias Mm dia,
- R95p : muito úmido anual total PRCP quando RR > 95 percentil Dia
- R99p : extremamente úmido anual total PRCP quando RR > percentil 99 milímetros
- PRCP TOT : anual total dia chuvoso PRCP precipitação anual total em dias úmidos (RR > = 1mm) mm

A dificuldade encontrada na utilização dos programas estatísticos está relacionada a precariedade das séries históricas para esta região do Brasil. Poucas estações datam de um período anterior ao ano de 1976, e a maioria conta com pelo menos 25 a 30% de lacunas dos dados. Para esse tipo de pesquisa o ideal é trabalhar com um número maior de estações e um número inferior de lacunas de dados. Entretanto, esses são os únicos elementos oficiais disponíveis para esta região (período prolongado); ressalta-se que tais dados são utilizados por vários grupos de pesquisa no Brasil, como e.g. a Embrapa Cerrados, e, institutos como INMET e CPTEC. Os estudos de previsão de risco para agricultura e zoneamento agroclimático se baseiam nestes dados malgrado sua imperfeição e suas lacunas, não obstante, são normatizados via outros programas pagos como WeatherMan e programas hidrológicos.

4.1.1 COMPARAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS DAS 30 ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS ENTRE ÁREAS DESMATADAS E PRESERVADAS DO ANEXO I:

Nos gráficos gerados pelo programa estatístico RCLIMDEX 1.0 (Anexo I), observa-se na parte superior a abreviação PRCPTOT que significa precipitação total, e ao lado, o código da estação (Latitude Geográfica) conforme o site da ANA (Agência Nacional de Águas). No eixo y observa-se o total das precipitações em milímetros, e no eixo x o ano de ocorrência das chuvas. Na parte inferior do gráfico estão descritos os dados estatísticos gerados pelo programa, dos quais: R^2 significa a quantidade de precipitação diária no período coletado (representa o número de dias de precipitação), calculados pela equação:

$$PRCPTOT = R \sum_{i=1}^I$$

O dado p -value significa o valor p estatístico; o dado *slope estimative* significa o coeficiente de regressão estimado; e finalmente o dado *slope error*, significa o erro de coeficiente de regressão estimado. Esses dados são representados por linhas nos gráficos, das quais: a linha com pontos representa os dados brutos anuais da estação ao longo do período; a linha pontilhada, representa a estimativa efetuada pelo programa com base nos dados brutos conforme a equação descrita acima; e finalmente a linha reta e em cor cinza escuro, representa a tendência linear das precipitações ao longo do período, com base nos dados brutos e do cálculo estatístico do programa RCLIMDEX 1.0.

Como é visível nos gráficos do Anexo 1, há uma variabilidade grande nas chuvas durante o período estudado, e uma alternância clara entre estações chuvosas e secas. As médias pluviométricas anuais ficam em torno de 1200 até 2400mm, com eventos

discrepantes em anos secos e chuvosos. Uma questão importante a ser lembrada, é que os efeitos da La Niña e El Niño na região central da América do Sul (Centro-Oeste Brasileiro) são de difícil detecção, não sendo tão perceptíveis como no Nordeste e no Sul do Brasil, dificultando a análise dos dados pluviométricos influenciados por esses fenômenos. Um ano de La Niña pode ser tão chuvoso na região central do Brasil quanto um ano de El Niño e vice-versa.

No quadro a seguir estão descritos os dados das 30 estações, sua tendência linear de acréscimo ou decréscimo das precipitações (durante as décadas de 70, 80, 90 e 2000), e sua localização em áreas preservadas (controle) ou desmatadas:

| Código da Estação Pluviométrica | Acréscimo | Decréscimo | Área Controle | Área Desmatada |
|--|------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| 758000 (Borba AM) | | -15.412 | X | |
| 857000 Alta Floresta | | -6.092 | | X |
| 954001 Guarantã do Norte | | -1.963 | | X |
| 956000 Alta Floresta | | -11.563 | | X |
| 956001 Alta Floresta | 0.136 | | | X |
| 957001 Aripuanã | 1.965 | | X | |
| 960001 Aripuanã | | -23.163 | X | |
| 1053001 Marcelândia | | -34.434 | | X |
| 1054000 Itaúba | | -10.057 | | X |
| 1055001 Alta Floresta | | -7.262 | | X |
| 1055002 Colider | | -6.064 | | X |
| 1057000 Porto dos Gaúchos | | -12.036 | | X |
| 1057001 Alta Floresta | | -10.685 | | X |
| 1058002 Juína | 14.049 | | X | |
| 1058003 Aripuanã | 2.66 | | X | |
| 1058004 Aripuanã | | -5.366 | X | |
| 1058005 Aripuanã | 1.294 | | X | |
| 1059000 Aripuanã | 5.912 | | X | |
| 1061002 Aripuanã | 11.513 | | X | |
| 1154000 Itaúba | | -7.655 | | X |
| 1154001 Vera | | -22.96 | | X |
| 1155000 Sinop | 12.376 | | | X |
| 1156000 Porto dos Gaúchos | | -2.649 | | X |
| 1156001 Sinop | | -12.765 | | X |
| 1157000 Porto dos Gaúchos | | -14.95 | | X |
| 1157001 Juara | | -11.466 | X | |
| 1158001 Aripuanã | | -12.369 | X | |
| 1158002 Juína | 15.262 | | X | |
| 1158003 Juruena | 3.755 | | X | |

| | | | | |
|------------------|--|---------|---|--|
| 1159000 Aripuanã | | -26.966 | X | |
|------------------|--|---------|---|--|

Quadro 6 Estações Pluviométricas em áreas preservadas e desmatadas do norte do MT. Análise de acréscimo ou decréscimo de precipitações conforme resultados estatísticos do programa RCLIMDEX 1.0 para áreas preservadas e desmatadas.

De acordo com o quadro 6, houve um acréscimo das precipitações na maior parte das áreas controle (preservadas) e um decréscimo nas áreas desmatadas.

- Das 30 estações analisadas, 20 apresentaram decréscimo nas chuvas, e 10 um acréscimo.
- Das 14 estações em áreas preservadas, 6 apresentaram decréscimo nas chuvas.
- Das 16 estações em áreas desmatadas, apenas 2 apresentaram acréscimo das chuvas.
- As estações em áreas preservadas cujas latitudes e longitudes estão próximas ao estado de Rondônia (bastante desmatado) apresentaram um decréscimo nas chuvas, em contraponto com as estações em áreas densamente florestadas em latitudes mais ao noroeste do MT, em direção ao estado do Amazonas.
- O município de Marcelândia (área desmatada adjacente a BR-163) apresentou a maior redução das chuvas, e o município de Juína (área preservada/controle) os 2 maiores acréscimos.
- A estação mais ao sul do município de Aripuanã, próxima da divisa com o estado Rondônia, apresentou o maior decréscimo das chuvas dentre as estações de área controle/preservada.

Com o tratamento dos dados das 30 estações pluviométricas no software RCLIMDEX 1.0, foram criados 3 arquivos formato .txt, do total de precipitação anual dos anos de 1987, 1997 e 2007 (Anexo II), respectivamente para cada estação. Esses dados são a fonte dos modelos do IDW e da krigeagem ordinária, os quais serão desenvolvidos e posteriormente analisados por meio de operações cartográficas com os dados do uso do solo (geoprocessamento das imagens de satélite). Infelizmente não foi possível criar um banco de dados para o ano de 1977 devido a inexistência de um número mínimo de estações meteorológicas para o estudo, apenas 6 estações continham dados para o ano de 1977 e para década de 70.

Segundo a SEPLAN-MT (2002) o clima do Norte do Mato Grosso é descrito como:

A notável extensão territorial do Estado do Mato Grosso lhe confere uma grande diversidade de tipos climáticos associados as latitudes equatoriais continentais e tropicais na porção central do continente Sul Americano. Apesar do forte aquecimento pela posição latitudinal ocupada pelo seu território, a oferta pluvial é relativamente elevada. Os valores médios encontrados para a série 1983-1994 revelam totais quase sempre superiores a 1.500mm anuais; apenas em áreas deprimidas e rebaixadas

topograficamente encontram-se valores mais modestos (SEPLAN-MT, 2002). Essas precipitações não se distribuem igualmente através do ano. Seu regime é caracteristicamente tropical, com máxima no verão e mínima no inverno. Mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano precipita-se de novembro a março, sendo geralmente mais chuvoso o trimestre janeiro-março no Norte do Estado. Durante esses trimestres, chove em média 45 a 55% do total anual. Em contrapartida, o inverno é excessivamente seco. Um dos fatos que reforça a potencialidade hídrica do Estado é, justamente, esse ritmo sazonal com acentuada regularidade, no qual a maior intensidade da deficiência hídrica ocorre de maio a setembro, e o período chuvoso tem uma duração média de novembro a março (SEPLAN-MT, 2002).

A unidade climática do Norte do Mato Grosso está localizada entre 7°30' e 12° de latitude Sul e 51° a 61° Oeste. Um dos aspectos importantes é que, mesmo se tratando de climas equatoriais continentais quentes e úmidos, existe a definição da estação seca. Trata-se de uma "seca moderada", existente em quase todas as sub-regiões. A segunda característica extensiva é a existência de um elevado excedente hídrico (superior a 1.000mm). Constata-se também uma faixa de unidades climáticas de transição para os climas tropicais continentais alternadamente úmido e seco (SEPLAN-MT, 2002).

Como observar-se no quadro 3 somente a partir da década de 1980 há um incremento no número de estações pluviométricas na bacia Amazônica, e a partir dos anos 2000 o cessar do funcionamento de algumas estações. Isso explica em grande parte a precariedade de dados pluviométricos para o Norte do Mato Grosso. Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas).



Quadro 7 - Estações Pluviométricas na Amazônia período (1960-2007).

Para Villar (2009) muitos autores negam que a diminuição das precipitações a partir da década de 1970 estaria relacionada ao desflorestamento já que o mesmo havia apenas começado na sul da Amazônia. Contudo, no sul da bacia houve uma queda nas chuvas de 780 para 580 mm por ano, correspondendo a uma diminuição de 18% em estações meteorológicas analisadas. Ainda ao mesmo tempo, no extremo sul das bacias do Madeira, Amazonas e Tapajós os escoamentos superficiais anuais e extremos têm diminuído. Nessa mesma região uma tendência negativa nas chuvas é observada nas médias anuais (agosto/setembro) e durante a estação chuvosa (DJF). A chuva continua baixa e constante nas outras estações do ano. Depois de 1983 houve uma ruptura nas chuvas, com uma diminuição de 10%, declinando de 1790 mm para 1660 mm. Conseqüentemente há uma diminuição da reposição da água dos aquíferos o que ocasiona um escoamento superficial inferior. Marengo (2004) também detectou uma diminuição nas chuvas no sul da bacia Amazônica à partir dos anos 90.

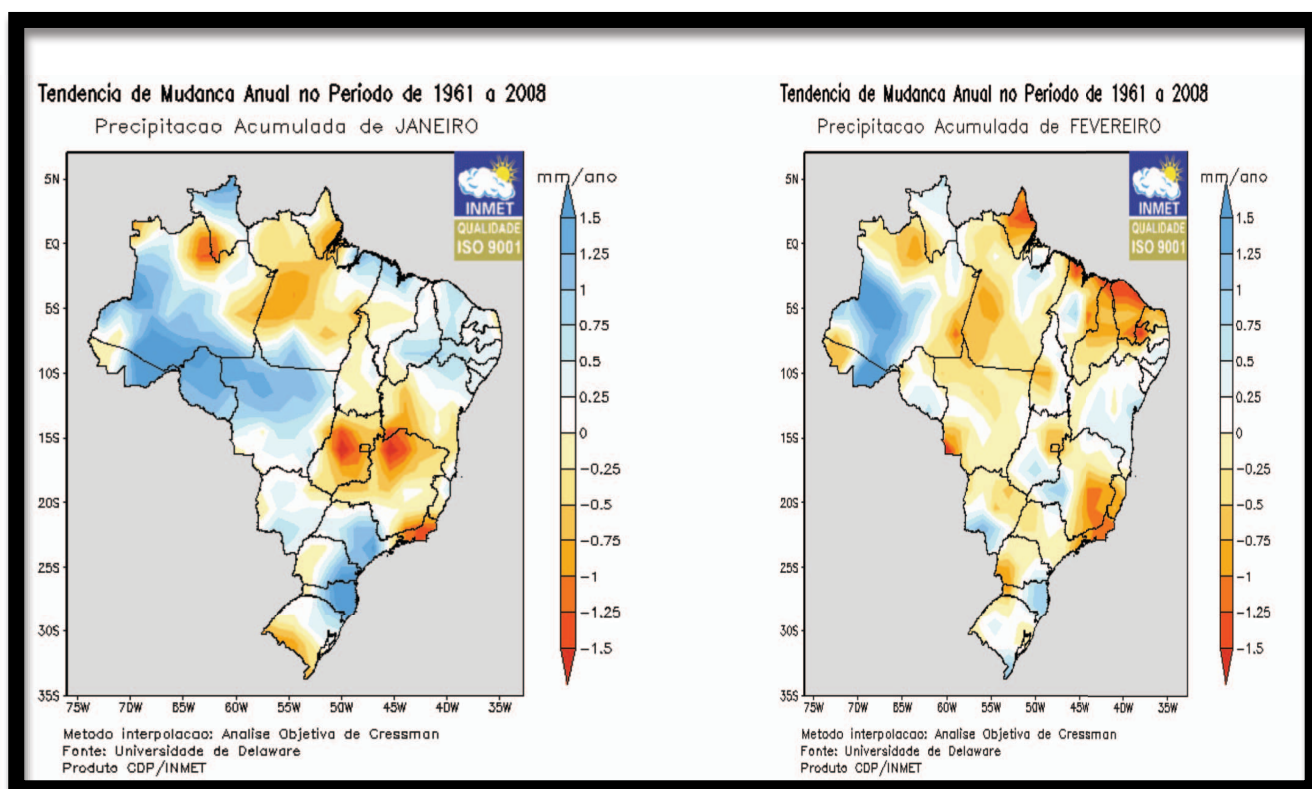
Marengo et al. (2008) e Zeng et al. (2008) explicam que uma anomalia geopotencial negativa sobre a maior parte do continente ao sul da linha do equador, uma redução dos ventos de noroeste ao longo dos Andes, e um incremento de vapor de água na convergência sobre o norte, ocasionam a redução do vapor de água transportado para o sul da Amazônia reduzindo a convergência e a chuva. O aumento das temperaturas da superfície do mar no Atlântico tropical desde o início dos anos 90 ocasiona uma ascendência (subsistência) acarretando menos chuvas no sul da Amazônia. A precipitação média na bacia diminuiu durante o período de 1975-2003 em uma taxa anual estimada de -0,32%. (VILLAR, 2009). O regime de chuva na Amazônia Brasileira mostra uma oposição entre o norte e o sul com períodos chuvosos nos meses do inverno e no verão respectivamente (RATISBONA, 1976; SALATI et al., 1978; KOUSKY et al., 1984; HOREL et al., 1989). Para CALLEDE et al. (2004) em sua análise de 43 estações pluviométricas durante o período de 1945-1998 houve uma pequena diminuição nas chuvas, resultados similares foram encontrados por Marengo (2004).

Diversos autores citados por Villar (2009) encontram tendências díspares de chuvas para as regiões norte e sul da bacia amazônica, em períodos e sazonalidades diferentes. Fica difícil tomar uma posição quanto ao grupo mais correto. Contudo, quanto ao uso do solo e seu impacto na hidrologia local, ainda existem pouquíssimos trabalhos. Da mesma forma, alguns autores descartam o desmatamento como tendo influência no ciclo da chuva (Marengo, 2004), outros preferem manter a possibilidade da ligação entre diminuição de precipitações e o uso do solo (MAKARIEVA, 2009). Em 1976 apenas 0,34% da Amazônia havia sido desmatada (CALLEDE et al., 2008). D'Almeida (2007) mostra que modelos desenvolvidos em escala macro (maior que 105 km²) e simulando o desmatamento geral

encontram diminuição da precipitação diária em torno de 0,40 à 1,70mm, estes modelos são importantes porque conseguem contemplar grandes áreas, inclusive as que apresentam maior desmatamento como o sul e o leste da Amazônia Legal. O desmatamento também faz com que a estação seca seja estendida e haja uma forte diminuição das taxas de chuvas (HENDERSON-SELLERS et al. 1993; DIRMEYER AND SHUKLA, 1994; POLCHER e LAVAL, 1994, SHUKLA et al., 1990).

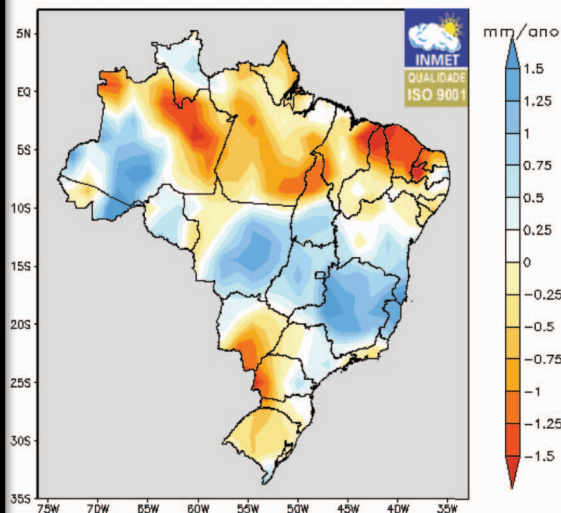
Durante a estação seca há divergência entre os autores quanto ao aumento e diminuição da convecção e convergência devido ao aumento do albedo nas áreas desmatadas (VILLAR, 2009). Um aspecto importante é que a forte diminuição das chuvas no período menos chuvoso não diminui muito a descarga dos rios, pois estes são realimentados com os aquíferos que existem por conta da manutenção das florestas, sem estas, não há percolação, conseqüentemente não haveria uma reposição nas descargas nos períodos mais secos. Logo, um aumento no desmatamento trabalha em desfavor a estocagem da água nos aquíferos, tendo por conseqüência estiagens mais fortes que as observadas até agora, como o episódio de 2005. Villar (2009) encontrou em seus estudos uma forte diminuição das chuvas no sul e sudoeste da bacia Amazônica, principalmente durante o período de chuvas nesta região (DJF). Essa diminuição é observada desde o início dos anos 1980 e mais marcante a partir dos anos 1990.

Nos mapas a seguir o padrão pluviométrico do Brasil conforme estudos elaborados pelo INMET iniciando no mês de janeiro até dezembro (1961 a 2008), as cores vermelhas representam uma diminuição das chuvas no período, e as áreas em azul chuvas acima da média. Estes mapas são material interno do INMET e foram disponibilizados via autorização:



Tendencia de Mudanca Anual no Período de 1961 a 2008

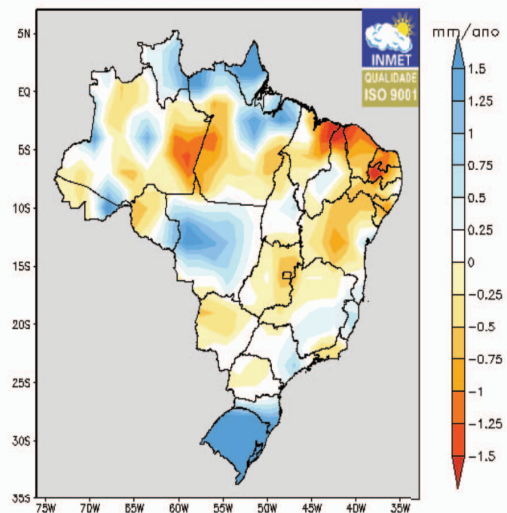
Precipitacao Acumulada de MARÇO



Metodo interpolacao: Analise Objetiva de Cressman
Fonte: Universidade de Delaware
Produto CDP/INMET

Tendencia de Mudanca Anual no Período de 1961 a 2008

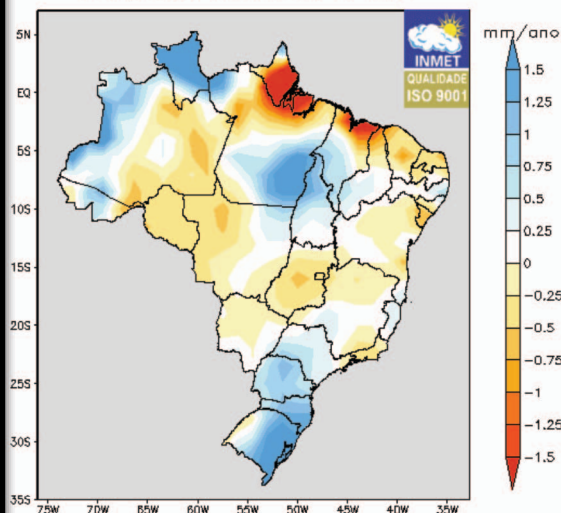
Precipitacao Acumulada de ABRIL



Metodo interpolacao: Analise Objetiva de Cressman
Fonte: Universidade de Delaware
Produto CDP/INMET

Tendencia de Mudanca Anual no Período de 1961 a 2008

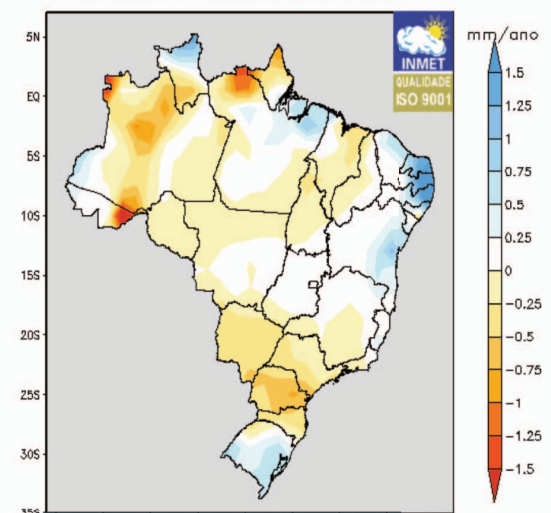
Precipitacao Acumulada de MAIO



Metodo interpolacao: Analise Objetiva de Cressman
Fonte: Universidade de Delaware
Produto CDP/INMET

Tendencia de Mudanca Anual no Período de 1961 a 2008

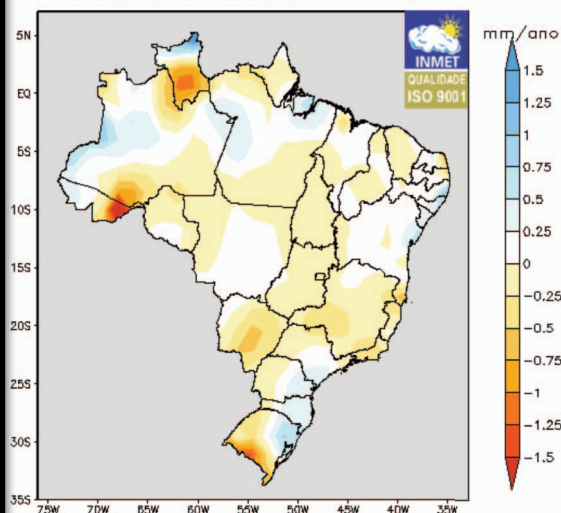
Precipitacao Acumulada de JUNHO



Metodo interpolacao: Analise Objetiva de Cressman
Fonte: Universidade de Delaware
Produto CDP/INMET

Tendencia de Mudanca Anual no Período de 1961 a 2008

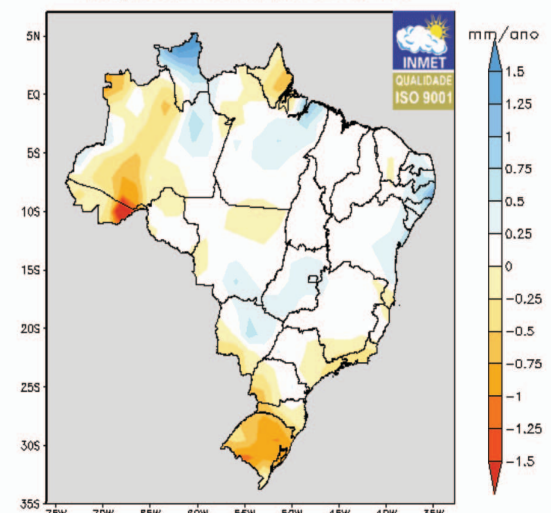
Precipitacao Acumulada de JULHO



Metodo interpolacao: Analise Objetiva de Cressman
Fonte: Universidade de Delaware
Produto CDP/INMET

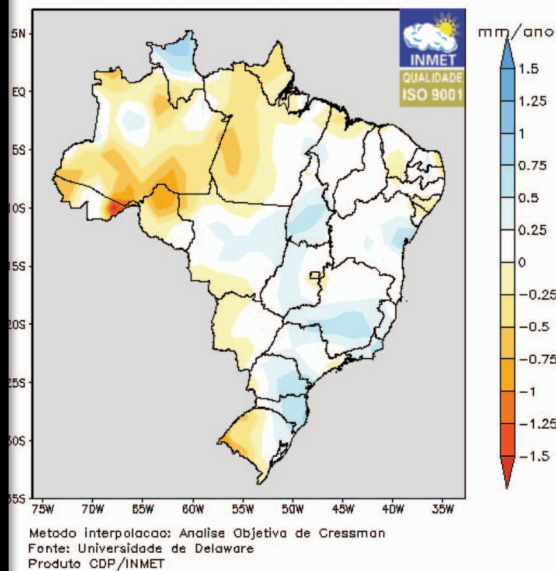
Tendencia de Mudanca Anual no Período de 1961 a 2008

Precipitacao Acumulada de AGOSTO

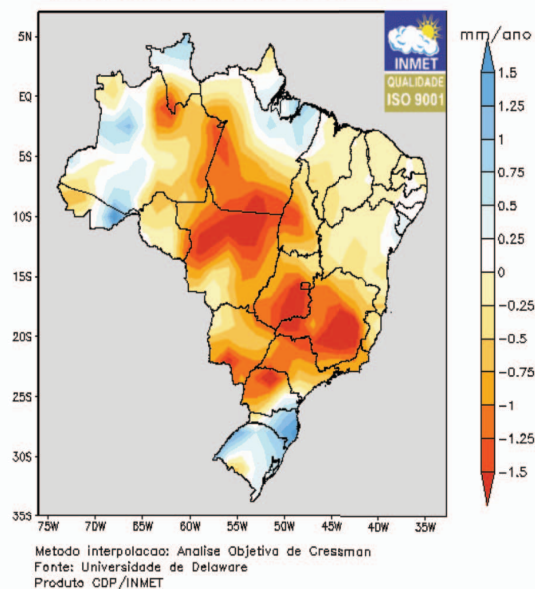


Metodo interpolacao: Analise Objetiva de Cressman
Fonte: Universidade de Delaware
Produto CDP/INMET

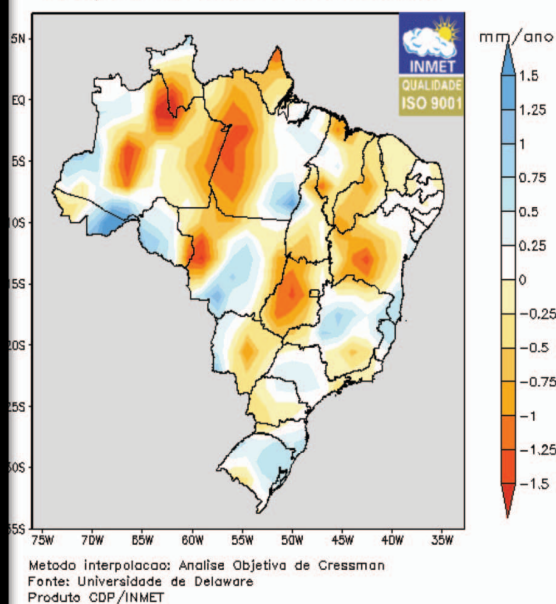
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008
Precipitação Acumulada de SETEMBRO



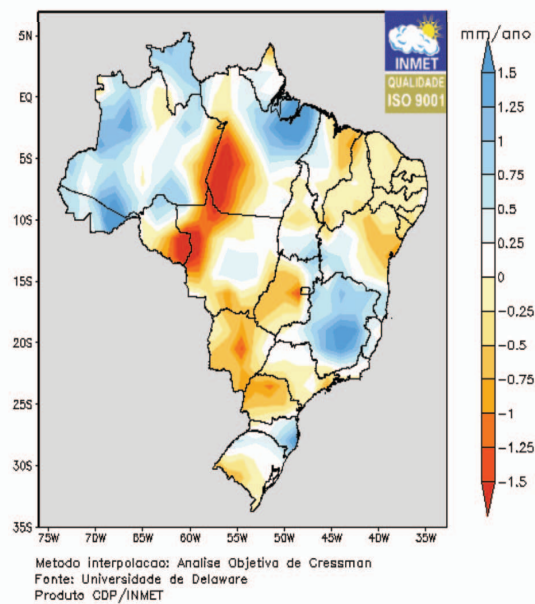
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008
Precipitação Acumulada de OUTUBRO



Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008
Precipitação Acumulada de NOVEMBRO



Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008
Precipitação Acumulada de DEZEMBRO



Quadro 8 – Tendência de mudança anual de chuvas para o Brasil (1961-2008) Janeiro-Dezembro.

Os mapas representam com bastante exatidão a situação climática relatada por pesquisadores brasileiros e do IPCC, assim como diversos estudos abarcados durante essa dissertação. Há um consenso quanto a evolução das chuvas. Podemos citar Durieux (2002), explanando o aumento de chuvas no período do verão com as atividades convectivas

localizadas, e também a diminuição de chuvas nos períodos mais secos, e no início da primavera como cita Marengo (2004) anteriormente.

Os eventos de chuva estão mais concentrados em meses específicos como vemos em Janeiro na Amazônia Ocidental. Contudo, nos restantes dos meses houve redução drástica no mês de março e dezembro (período chuvoso para a Amazônia Oriental), e de menor intensidade em fevereiro. No outono, a Amazônia Meridional (Mato Grosso) apresenta índices acima da média nos meses de Março e Abril. No restante do ano, final do outono e inverno, grande parte da Amazônia parece ter pouca variação nas precipitações, e as mudanças estão mais adjacentes a média climatológica. A situação se torna interessante na primavera onde todos os meses apresentam as maiores diferenças do padrão climatológico. Os meses de outubro, novembro e dezembro (Amazônia Oriental) tiveram as precipitações reduzidas drasticamente no período analisado. É como se houvesse uma variação das estações, nas quais o período seco está se tornando mais prolongado, e o período chuvoso mais disperso e irregular, com eventos de alta intensidade, potencialmente perigosos para atividades humanas como a agricultura e a pecuária. As populações também poderão sofrer com as enchentes mais frequentes e rápidas, assim como um incremento nos períodos de estiagem, como o evento de seca do ano de 2005. A insolação constante aliado a períodos longos de seca serão fatores coadjuvantes e sinérgicos no empobrecimento genético, ecossistêmico e humano nessas áreas.

4.2 AS IMAGENS DE SATÉLITE E O GEOPROCESSAMENTO DOS DADOS DO USO DO SOLO E O ÍNDICE NDVI DE MISTURA ESPECTRAL

O Estado do Mato Grosso sofreu mudanças radicais na cobertura do solo desde a década de 70. As atividades vão do desmatamento à pecuária extensiva, e do cultivo de grãos à urbanização, assim como usinas hidrelétricas e a mineração. O sensoriamento remoto é peça chave para a observação das mudanças do meio ambiente em escala global, regional e local. A partir de imagens de satélites, são adquiridas informações de monitoramento da vegetação, das temperaturas, dos solos e toda sorte de mudança promovida por forçantes internas e externas do meio, como exemplo as ocasionadas pelas demandas sociais do uso do solo e as diversas mudanças causadas por elementos físicos como o clima etc.

A seguir um breve levantamento das metodologias e programas que o Governo Brasileiro vem desenvolvendo nos últimos anos para monitorar as condições do bioma Amazônico, bem como entender as condicionantes que podem ser atreladas as ações das políticas públicas de cunho sócio-ambiental e econômico que permeiam a utilização das ferramentas do sensoriamento remoto do meio ambiente..

4.2.1 O sensoriamento Remoto do Meio Ambiente

Para compreender o termo sensoriamento remoto é necessário ter em mente algumas premissas básicas, comecemos pela imagem. A imagem é gerada por diversos instrumentos ópticos e não ópticos, e é nada mais do que uma matriz formada por pixels¹⁶. Os sensores que capturam as imagem podem ser analógicos ou digitais. Como e.g. de digitais temos os radares que também estão presentes nas aeronaves e nos satélites como um componente. As resoluções das imagens podem ser espacial, espectral, radiométrica e temporal. Dependendo da faixa espectral a ser avaliada, deve-se escolher um canal específico. Esses canais ou bandas são utilizados para os mais variados fins como e.g. no satélite LANDSAT 5, a banda ou canal 1) que diferencia entre solo e vegetação, a banda 2) o reflexo de vegetação verde, a banda 3) a clorofila, e a diferenciação de espécies de plantas, a banda 4) a biomassa e a rede hidrográfica, a banda 5) a umidade na vegetação, nuvens e neve, a banda 6) térmica e a banda 7) o mapeamento hidrotermal (JENSEN, 2009).

Atualmente o sensoriamento remoto de imagens e o geoprocessamento permitem o entendimento do uso solo sem que haja contado físico com o objeto de observação. Uma infinidade de satélites em órbita possibilita aos pesquisadores, das mais diversas disciplinas analisar mudanças drásticas e tênues sob a superfície do planeta. Os satélites dependendo de sua altura e resolução são utilizados para fins específicos, como por e.g. a meteorologia (satélites MODIS, GOES e NOAA com suas bandas termais), satélites de monitoramento da superfície do solo como a família LANDSAT que conta com os satélites 1,2,3,5 e 7, e o satélite QUICKBIRD de alta resolução (com precisão de cm ou metros sob a superfície do solo) (JENSEN, 2009).

Equipamentos como o GPS (Sistema de Posicionamento Global), permitem aos usuários e instrumentos legais, como e.g. no Estado do Mato Grosso, a exigência do georreferenciamento da divisão fundiária dos lotes de pequenas e grandes propriedades. É de suma importância o uso de medidas georreferenciadas. A exatidão destes dados pode solucionar litígios fundiários e conflitos de uso do solo atuais entre madeireiros, grupos indígenas, pequenos e grandes produtores rurais. Espera-se que o Brasil possa no futuro ter suas propriedades georreferenciadas, superando problemas de sobreposição de terras e escrituras fundiárias conflituosas.

¹⁶ Pixel (sendo o plural píxeis) (aglutinação de Picture e Element, ou seja, elemento de imagem, sendo Pix a abreviatura em inglês para Picture) é o menor elemento num dispositivo de exibição (como por exemplo um monitor), ao qual é possível atribuir-se uma cor. De uma forma mais simples, um pixel é o menor ponto que forma uma imagem digital, sendo que o conjunto de milhares de pixels formam a imagem inteira.

Atualmente a resolução dos sensores varia de acordo com o objetivo para o qual é criado. Existem satélites de monitoramento global e alguns que se dedicam a observar com nitidez mudanças métricas e por muitas vezes centimétricas na paisagem. O Ikonos tem resolução de 1m, o QuickBird de apenas 0.6m, o Áster de 15m, e o LandSat de 30m e 15m. Algumas propriedades biofísicas afetam a característica da radiação, o que causa defeito no momento da captura das imagens. Os elementos a seguir são causadores principais ou têm papel importante nos defeitos do imageamento: 1) a topografia, 2) angulação, 3) as características internas do aparato, 4) intervenções atmosféricas, e 5) a elevação do ângulo de radiação (JENSEN, 2009).

O sensoriamento remoto funciona em sinergia com outras ciências, como a matemática e a lógica, as ciências sociais, as ciências biológicas e as ciências físicas. Esse conglomerado de informações permite criar um sistema de informações geográficas por meio da cartografia e o levantamento de dados. O procedimento de coleta e análise dos dados do sensoriamento remoto do uso da terra, segue uma linha de tempo. Primeiro formula-se uma hipótese a ser testada que pode ser dedutiva ou indutiva; são coletados dados *in situ* para a calibração dos dados do sensor remoto; os dados do sensor são coletados no mesmo momento que os dados *in situ*; as imagens são processadas por meio digital de modelagem ou dimensões, comunicadas por meio de imagens, gráficos, tabelas e dados de base estatística, além de métodos de suporte a tomada de decisão (JENSEN, 2009).

Este trabalho buscou a avaliação das variáveis híbridas, como o uso da terra na Amazônia. Nas variantes híbridas podemos encontrar o uso da terra comercial, residencial, de transporte, cadastral, desmatamento. O papel do sensoriamento remoto efetuado pelo Governo Brasileiro é possibilitar um monitoramento das atividades de uso e ocupação do solo no bioma da Floresta Amazônica. Esse monitoramento permite criar políticas de organização a longo prazo das atividades antrópicas, como o zoneamento ecológico econômico, o zoneamento climatológico de culturas e o mapeamento de áreas de risco para a defesa civil.

A seguir apresentar-se-á brevemente os programas de sensoriamento remoto do governo e suas principais características e funções.

4.2.2 O Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam)

Atualmente a Amazônia faz parte de um sistema de proteção desenvolvido pelo governo brasileiro chamado de Sipam (Sistema de Proteção da Amazônia). Ele tem como função integrar e gerar informações atualizadas para articulação política, planejamento e ações globais do governo na Amazônia Legal Brasileira, garantindo a proteção e o

desenvolvimento sócio-ambiental da floresta. O sistema de proteção gera produtos como e.g. a análise ambiental, o monitoramento territorial, estudos de meteorologia e climatologia, planejamento e controle de operações, processamento de imagens, sistematização de informações, análises sociais, centros de apoio logístico e atendimento aos usuários. Esses produtos são recebidos e compartilhados por outros órgãos e agências, garantindo um fluxo de informação que acelera o poder de tomada de decisão pelos formuladores de políticas públicas e os respectivos órgãos legisladores e executores. O Sipam contribui com órgãos no controle do desmatamento, no combate a biopirataria, na proteção de parques, no uso do solo, na proteção de reservas indígenas, monitoramento de áreas de fronteira, recursos minerais, programas de saúde, educação e inclusão social. O sistema também monitora e divulga as condições meteorológicas, facilitando o trabalho em áreas remotas (SIPAM, 2009).

Dessa forma, o Sipam consegue apoiar atividades de pesquisa na região, coloca a disposição da população informações atualizadas da Amazônia, promove intercâmbio entre instituições do governo e ONG, e apóia a integração de um cinturão verde de defesa ambiental na América do Sul com os países vizinhos do Brasil. No que toca o processamento de imagens, o Sipam processa no solo os dados coletados pelos sensores orbitais e aero-embarcados e gera metodologias aplicadas aos produtos SAR (Radar de abertura sintética). Com isso, é feito o processamento de dados do SAR, MSS (Scanner Multiespectral), OIS (Subsistema Óptico e Infravermelho), o que avalia a integridade dos dados e processa correções geométricas, atmosféricas e radiométricas (Sipam, 2009). Por meio desse processo foi possível ao Sipam detectar no ano de 2008 os 36 municípios que mais desmataram na Amazônia Legal, com representantes de RO, MT, PA e AM.

4.2.3 O sistema de Detecção do Desmatamento (DETER)

O sistema DETER – detecção de desmatamento em tempo real é efetuado mensalmente pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Com dados do sensor MODIS do satélite Terra/Aqua e do sensor WFI do satélite CBERS China/Brasil (sino-brasileiro) Earth Resource Satellite com resolução especial de 250m, o sistema DETER contribui na fiscalização, pois permite visualizar as áreas que sofrem corte raso e as que estão em processo de desmatamento por degradação da floresta. Os desmatamentos só começam a ser detectados a partir de 25ha. Os dados estão estratificados em municípios, estados, bases do IBAMA e UCs, o que facilita a localização da atividade ilegal e a tomada de decisão rápida de órgãos executores e ações coercitivas do governo. Como o desmatamento é um processo, leva um período longo para que possa ser detectado, e isso exige uma distinção entre o tempo de ocorrência e a detecção do desmatamento, que é

quando o solo permite a interpretação pelo mapeamento. O sistema tem como mote principal apenas indicar tendências do desmatamento anual. O sistema PRODES sistema DETER está inserido como ação do MCT (Ministério de Ciência e Tecnologia) grupo de trabalho interministerial para reduzir os índices de desmatamento na Amazônia legal. É também parte de um plano para a prevenção e controle do desmatamento (INPE, 2009).

4.2.4 O sistema Indicador de desmatamento por imagens de radar de monitoramento ambiental - INDICAR

O sistema INDICAR foi desenvolvido pelo IBAMA no seu centro de sensoriamento remoto. INDICAR consiste no recebimento de imagens de radar do satélite japonês ALOS (Satélite de Observação Avançada da Terra). As imagens cobrem áreas de florestas tropicais, onde as nuvens prejudicam o uso de satélites convencionais (ópticos) em distintos períodos do ano. O sistema INDICAR detecta o desmatamento sob as nuvens da floresta amazônica. O sistema utiliza imagens do sensor PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) o qual opera em banda L, com resolução de 10 a 100m, fazendo observações noturnas e diurnas, independentemente das condições do tempo. E também detém um sistema de imageamento mais largo o que permite uma revisita mais acelerada do mesmo ponto. Esse sistema busca orientar ações de controle e fiscalização, identificando e monitorando o desmatamento por meio de imagens do RADAR orbital (IBAMA, 2009).

O monitoramento gera dados de desmatamento por meio de análises de diferentes reflectâncias de alvos de imagem do satélite, com 50m de resolução, os quais são obtidos semestralmente para a Amazônia. Os polígonos detectados como áreas desmatadas são sobrepostos com propriedades rurais, UC, TI, e assentamentos, logo, os dados são checados no campo por meio de comparação de imagens e visitas. A maior parte dos polígonos detectados foram detectados pelo sistema DETER apenas 7 meses depois, isso valida a utilização do radar e satélite ALOS (IBAMA, 2009). Abaixo foto como e.g. de imagem ALOS na Amazônia.



Ilustração 10 Imagens geradas pelo satélite Alos (Foto: Sipam/Divulgação).

4.2.5 O sistema PRODES

O sistema PRODES consiste em estimativas anuais de taxas de desflorestamento da Amazônia Legal, a partir de 2002 as estimativas são produzidas e classificadas digitalmente seguindo uma metodologia. O sistema PRODES é a base de dados mais utilizada para monitorar o desmatamento da Amazônia desde 1977 (INPE, 2009). Essa metodologia permite uma precisão maior do georreferenciamento dos polígonos de áreas desmatadas, produzindo bancos de dados geográficos multitemporais. O sistema também disponibiliza os resultados em formato de mapas vetoriais e imagens de satélites, em formato compatível com a maioria dos sistemas de informações geográficas. O PRODES conta com colaboração do MMA – Ministério do Meio ambiente e do IBAMA, sendo financiado pelo MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia, por meio da ação de Monitoramento Ambiental da Amazônia. O INPE utiliza a seguinte metodologia para análise das imagens:

A metodologia de interpretação de imagens consiste nas seguintes etapas: seleção de imagens com menor cobertura de nuvens e com data de aquisição a mais próxima o possível da data de referência para o cálculo de taxa de desmatamento (1º de agosto); georreferenciamento das imagens; transformação dos dados radiométricos das imagens em imagens de componente de cena (vegetação, solo e sombra) pela aplicação de algoritmo de mistura espectral para concentrar a informação sobre o desmatamento em uma a duas imagens; segmentação em campos homogêneos das imagens dos componentes solo e sombra; classificação não supervisionada e por campos das imagens de solo e de sombra; mapeamento das classes não-supervisionadas em classes informativas (desmatamento do ano, floresta, etc); e a edição do resultado do mapeamento de classes e elaboração de mosaicos das cartas temáticas de cada Unidade Federativa (Câmera *et al.* 2006).

4.2.6 O sistema DEGRAD

O sistema DEGRAD é destinado ao mapeamento de áreas em processo de desflorestamento onde a cobertura florestal ainda não foi removida, apenas parcialmente, como exemplificado na ilustração 11. O sistema usa imagens dos satélites CBERS e LANDSAT. O sistema tem como objetivo mapear anualmente áreas de floresta degradadas com tendência a ser convertida ao corte raso. A área mínima mapeada é de 6,25 hectares. Para conseguir os resultados, as imagens são preparadas com aplicação de realces para destacar evidências de áreas degradadas, as quais serão mapeadas individualmente. O DEGRAD utiliza o mesmo conjunto de cenas LANDSAT 5/TM ou CBERS 2B/CCD que são utilizados no projeto PRODES. Para o levantamento de 2007 foram utilizados 213 cenas e para 2008 214 (INPE, 2009).

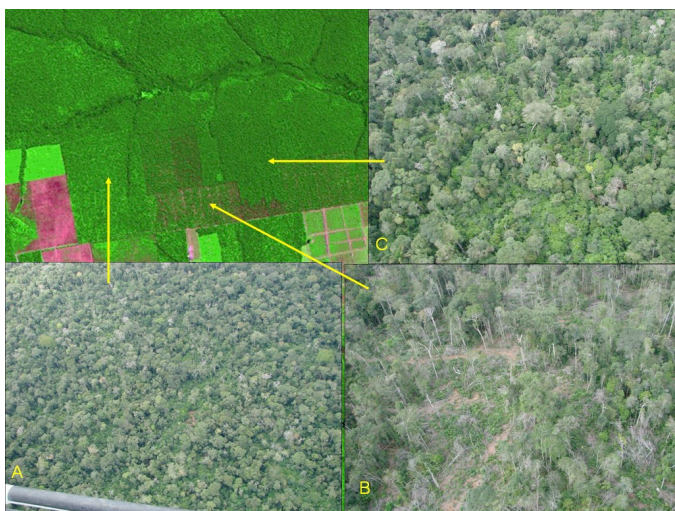


Ilustração 11 A) Degradação de intensidade moderada, área em regeneração após exploração madeireira, pátios ainda evidentes; B) Degradação de intensidade alta, exploração madeireira ativa, grande proporção de solo exposto; C) Degradação de intensidade leve, evidência de abertura de estradas de acesso. Fonte : INPE, 2009.

Por meio dessas ferramentas podemos verificar que o Brasil está na vanguarda do monitoramento de atividades antrópicas em áreas de florestas tropicais. Muitos países vêm adotando o exemplo do Brasil (INPE, 2009). A Indonésia sofre com problemas similares no que tange a ocupação do solo em áreas de florestas tropicais, entretanto, a situação da Indonésia é mais crítica, pois o território no qual o país está inserido é pequeno (ilhas), contudo, assim como no Brasil, as ferramentas do sensoriamento remoto são de grande utilidade na divisão do território, pois permitem delimitar até onde áreas urbanas podem se expandir garantido a classificação de território para a produção de alimentos e a preservação das florestas tropicais.

Com o aperfeiçoamento das técnicas e equipamentos de monitoramento do planeta, haverá continuamente um aporte de informação precisa e multi-temporal, possibilitando a gerência mais efetiva por parte dos tomadores de decisão no que tange as políticas públicas de uso e ocupação do solo em todos os países que tenham acesso a esse sistema de informações. No Brasil, o sensoriamento remoto permite ao IBAMA e outros órgãos e agências do governo o controle efetivo de fiscalização do desmatamento ilegal, por meio de comprovação *in situ* dos responsáveis pelo dano ambiental.

4.3 O PROCESSAMENTO DAS IMAGENS E OS MÉTODOS INTERPOLADORES

Previamente à análise do período multi-temporal de 1977 à 2007, o pesquisador desenvolveu uma amostragem para avaliar o melhor método do tratamento das imagens e interpolação da pluviometria, de forma a gerar com maior exatidão o geoprocessamento dos dados, bem como verificar tendências locais que não seriam perceptíveis na análise regional. O uso do solo, seja para o comércio de essências nativas ou para atividades agropecuárias modificou as paisagens do Norte do Mato Grosso ao longo da rodovia BR-163 e suas áreas adjacentes. Essas modificações antrópicas acarretam em prejuízos ambientais, seja nos aspectos físicos ou biológicos dos ecossistemas. Esse estudo faz uma análise dos índices pluviométricos pelo método IDW (Inverso ponderado da distância/média ponderada), e das modificações de uso do solo pelo desmatamento nos últimos 20 anos, por meio do índice NDVI (vegetação), aliado a classificação por treinamento em um retângulo envolvente da BR-163 no Norte Mato-Grossense.

O resultado foi obtido por meio de ferramentas de sensoriamento remoto com imagens do satélite LANDSAT 5 e de dados de estações pluviométricas selecionadas da Agência Nacional de Águas (ANA). **O estudo contempla a hipótese de que as chuvas têm apresentado decréscimo local devido a diminuição da cobertura florestal. O tema é polêmico e está sendo debatido nos âmbitos acadêmicos e políticos nas discussões ambientais à escala internacional, no que tange as mudanças climáticas.**

4.3.1 Metodologia

4.3.1.1 Tratamento das Imagens

Foram selecionadas 12 imagens do satélite LANDSAT 5 dos anos de 1987, 1997 e 2007. As imagens foram adquiridas gratuitamente na página do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. O programa utilizado para o trabalho é o programa SPRING versão 4.33. Inicialmente o pesquisador designou um banco de dados

georreferenciados, com as respectivas coordenadas geográficas: Longitude1 o 64 0 1.50, Longitude2 o 52 29 58.65, Latitude1 s 7 0 1.50, Latitude2 s 16 0 4.43, no sistema de projeção UTM DATUM WGS84 da área de estudo no norte do Mato Grosso, em uma escala de 1/1.500.000. Foram compostos mosaicos em blocos de quatro imagens, dos anos respectivos, logo as imagens foram realçadas nas bandas 5(R) vermelho, 4(G) verde, 3(B) azul, as quais permitem uma melhor visualização do terreno e de suas características.

Primeiramente as imagens foram degradadas de uma resolução de 30m originais do satélite para 120m, possibilitando um processamento mais veloz dos dados. Como o intuito é verificar somente áreas desmatadas e preservadas, não houve necessidade de classificação específica dos pixels como no caso da identificação de tipos de cultivos ou distintos biomas. Somente as nuances de solo exposto ou vegetação densa são analisadas, e posteriormente sobrepostas com arquivos da região georreferenciados pelo IBGE, como a malha viária local e a hidrografia.

Para delimitar a área do projeto e das amostras dos blocos, foi gerada uma máscara – recorte - que serve de base (retângulo envolvente) para todas as análises. Para que o processo de tratamento das imagens apresentasse uma melhor performance neste estudo, foi aplicado o índice NDVI, o qual realça a vegetação. O NDVI é encontrado por meio de uma equação (Jensen, 2009):

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR} - \text{R}}{\text{IR} + \text{R}} = \frac{4-3 \text{ (bandas)}}{4+3 \text{ (bandas)}}$$

Em seguida são criados os componentes principais da imagem, por meio da seleção de todas as bandas. O processo seguinte é a segmentação. A segmentação foi realizada com componentes principais + o NDVI no método de crescimento de regiões. A segmentação reconhece os pixels e os separa em grupos dependendo da definição de similaridades previamente determinadas pelo usuário. Em seguida é iniciado o método de classificação que se resume em (a) extração dos atributos das imagens (seleção das bandas, índice NDVI e segmentação); (b) treinamento, no qual o pesquisador seleciona um número mínimo de 30 amostras designando o computador quais tipos de pixels reconhecer nas regiões; (c) fase de classificação propriamente dita, onde são atribuídas classes para os pixels selecionados como por e.g. áreas preservadas e áreas desmatadas, (d) é criado um modelo temático no qual são incluídas as classes, como e.g. uso do solo e as isoeitas dos dados pluviométricos.

4.3.1.2 Modelo de Chuvas

Para criar o modelo de chuvas o pesquisador recolheu dados de 30 estações pluviométricas do norte do Mato Grosso. Os dados das estações são da ANA (Agência

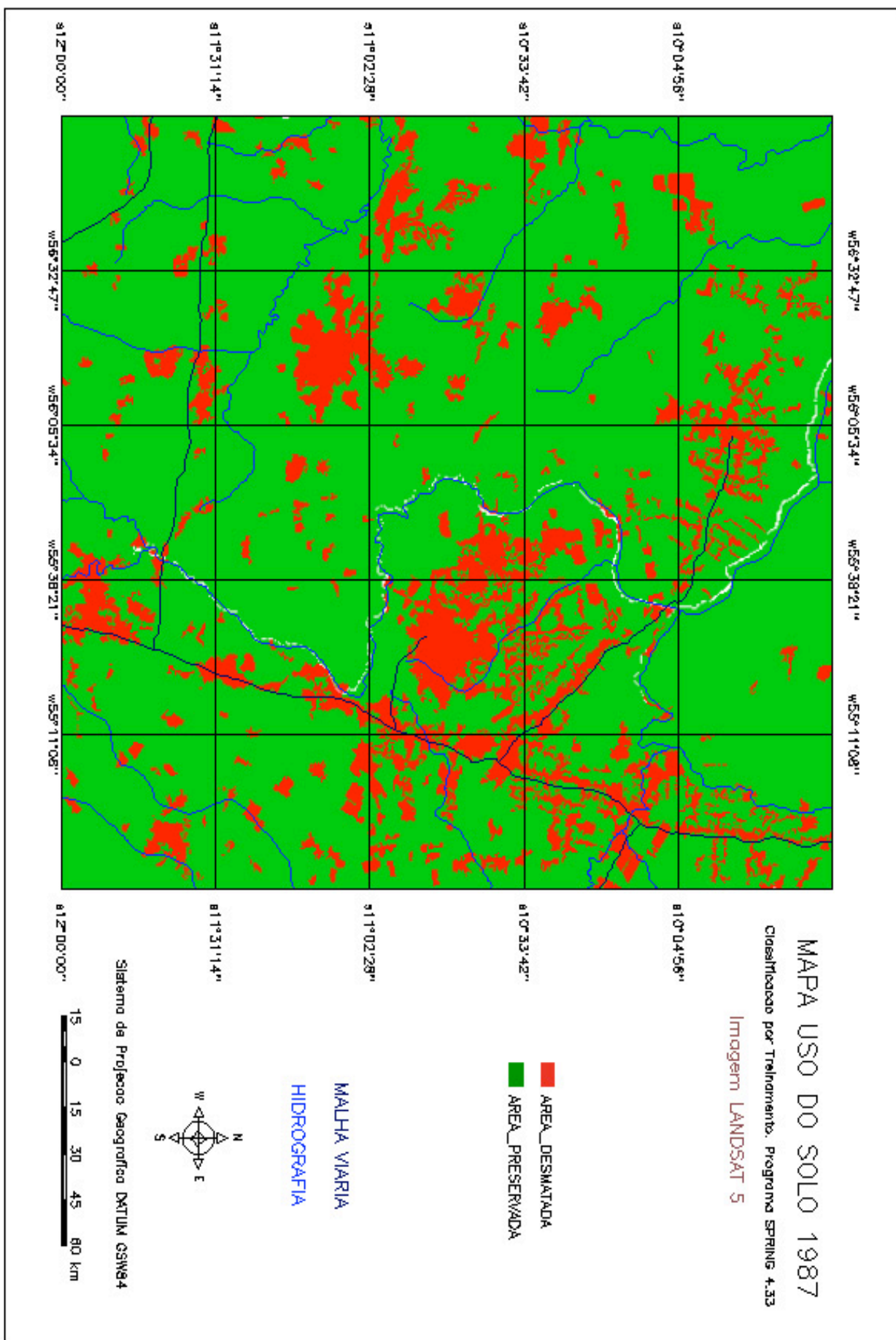
Nacional de Águas), e estão disponíveis no programa Hldroweb, o qual tem livre acesso ao público. O método utilizado na espacialização dos dados foi o IDW – Inverso Ponderado da Distância, outros métodos também foram cogitados, contudo, para a análise de um exemplo o pesquisador optou pelo IDW que obteve uma representação favorável no programa (DEUS *et al.* 2007 e CREPANI *et al.* 2004). Para Tavares et al. 2009 apud Menegol 2004:

O método IDW Método do Inverso Ponderado da Distância (Inverse Distance Weighted - IDW) é um procedimento de interpolação que consiste, basicamente, em atribuir um peso para cada ponto amostrado vizinho, em função da distância que ele se encontra do ponto que se quer calcular. Os pesos são calculados de maneira que a soma de todos os pesos dados aos pontos amostrados vizinhos seja igual a 1, ou seja, é atribuído um peso proporcional à contribuição de cada ponto vizinho.

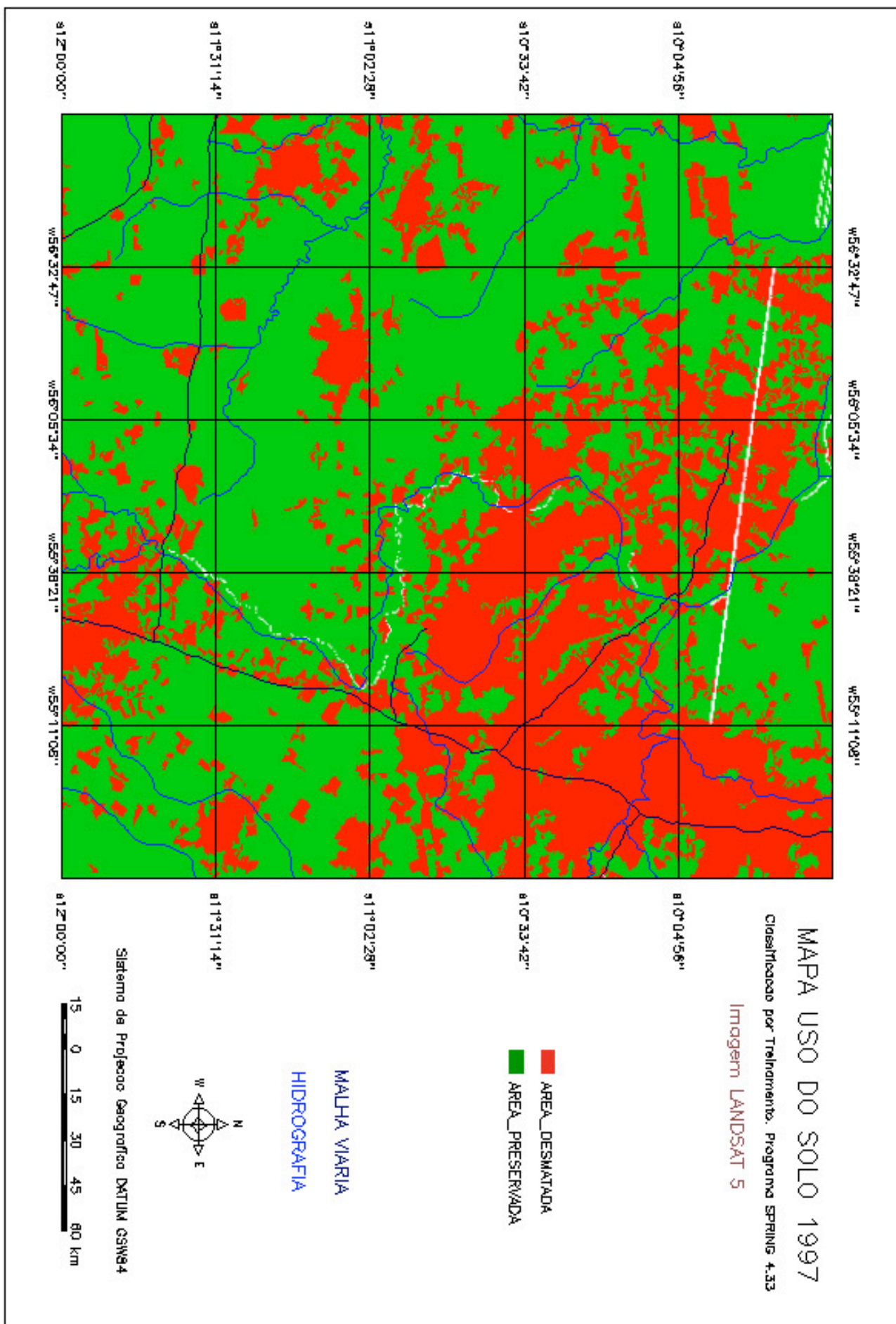
Para o cálculo do IDW é gerado um arquivo específico em formato texto escrito pelo programa como LD3 contendo os dados das coordenadas geográficas de cada estação com latitude e longitude e os dados a serem espacializados, neste caso, o total de chuvas dos anos em questão. Logo, o arquivo é importado para o programa e a partir desse passo é dado início a espacialização. A opção utilizada é da média ponderada, pois o próprio IDW possui variâncias de média ponderada ao quadrante e média ponderada; a melhor representação após testes efetuados nesta pesquisada foi a média ponderada. Nesse processo o usuário também qualifica os gradientes contemplando os distintos índices de precipitação, os quais foram classificados em classes de 200 em 200 mm de chuva. Os dados são reunidos em gradientes de cores para a identificação cartográfica. Com esse resultado é dado início ao processo de tabulação e cruzamento.

4.3.1.3 Tabulação Cruzada

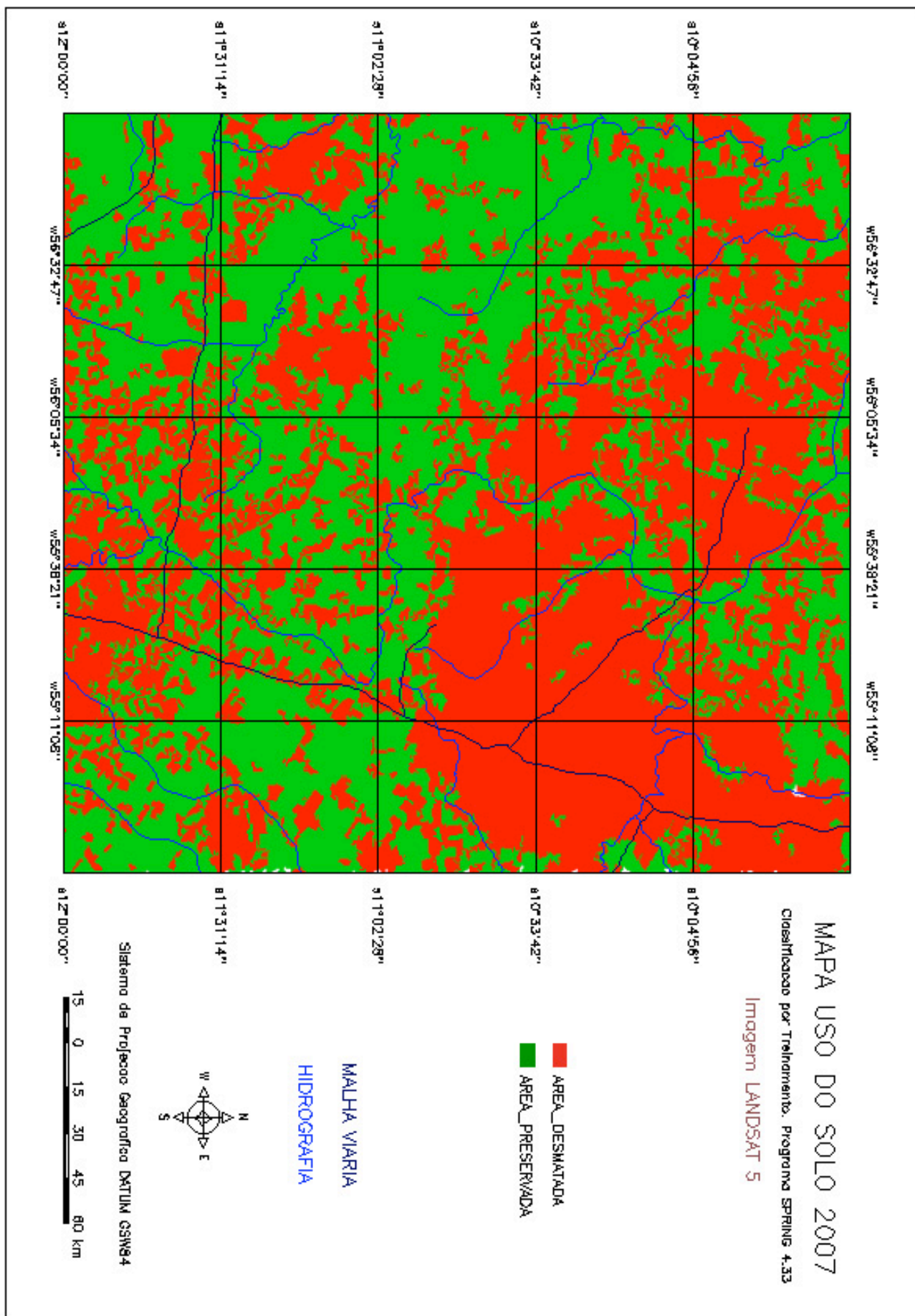
Na tabulação os dados das chuvas e sua espacialização são cruzados com os dados adquiridos do geoprocessamento das áreas desmatadas e preservadas nas imagens LANDSAT 5. Com esse cruzamento é possível obter o total da área desmatada e preservada ao longo do período decadal, assim como os totais de chuva, e quais áreas apresentaram maior ou menor precipitação, seja as que sofreram intenso uso do solo ou as que ainda detêm floresta. A seguir analisar-se-á os resultados encontrados. Nos três mapas a seguir o resultado da classificação do uso do solo para os anos de 1987, 1997 e 2007.



Mapa 11 Uso do Solo na BR-163 ao Norte do Mato Grosso no ano de 1987. Áreas em verde (floresta) áreas em vermelho (desmatamento), corpos hídricos em azul e linhas finas em azul naval a malha viária



Mapa 12 Uso do Solo na BR-163 ao Norte do Mato Grosso no ano de 1997. Áreas em verde (floresta) áreas em vermelho (desmatamento), corpos hídricos em azul e linhas finas em azul naval a malha viária

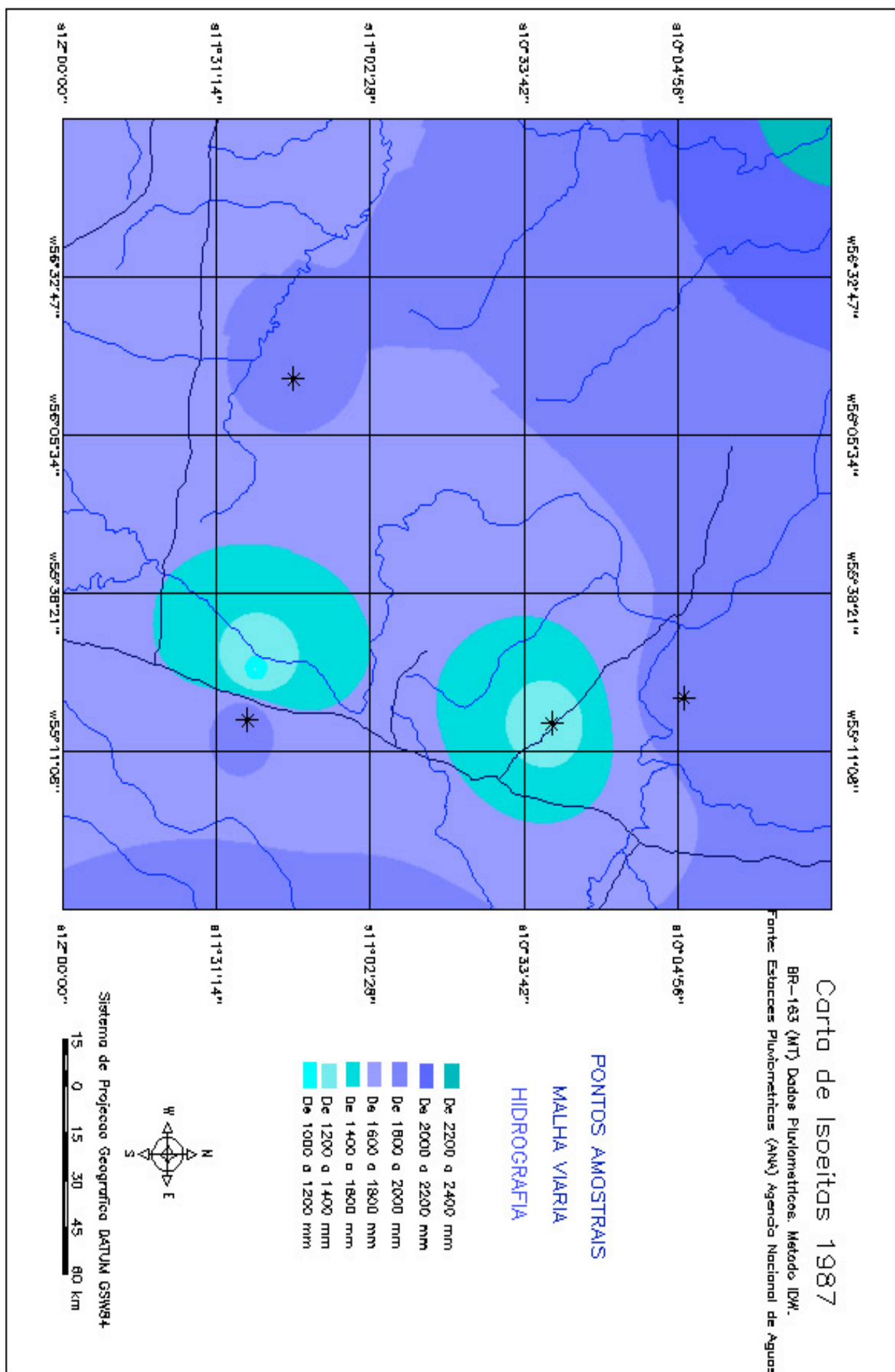


Mapa 13 Uso do Solo na BR-163 ao Norte do Mato Grosso no ano de 2007. Áreas em verde (floresta) áreas em vermelho (desmatamento), corcos hídricos em azul e linhas finas em azul naval a malha viária.

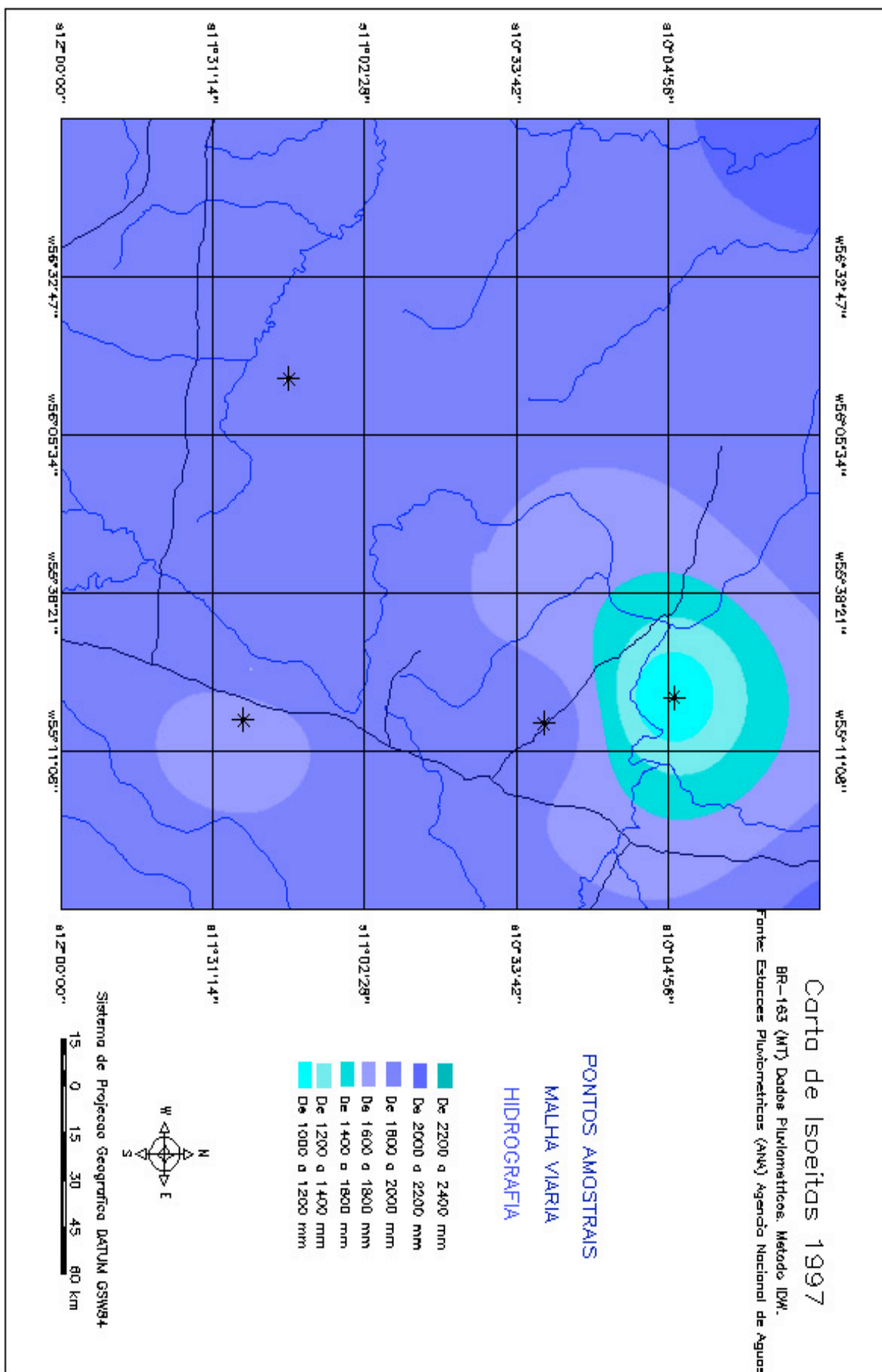
Os mapas demonstram que a região sofreu intensa modificação do solo, amplas áreas foram desmatadas nos últimos 20 anos. A área é recortada no sentido vertical norte-sul sul-norte pela BR-163, observa-se que o desenvolvimento partiu dos eixos rodoviários, o que é comum na região do Norte do Mato Grosso. Esse território em questão é fornecedor de madeira de lei para atividades como e.g. a indústria moveleira nas regiões sul e sudeste. A pecuária extensiva se tornou a produção mota da região aliada ao processo do desmatamento. Vale salientar que a falta de planejamento por parte do governo acarretou em litígios fundiários e pressão sócio-ambiental. Populações tradicionais, ribeirinhas e indígenas foram deslocadas e agrupadas em áreas delimitadas para sua ocupação pelo governo militar da década de 70. Estas regiões englobam o bioma da Amazônia, e estão localizadas em áreas de Floresta Amazônica ou floresta mesófila (floresta de transição), extensas áreas de relevância ambiental foram destruídas pela saga dos desbravadores.

Na página seguinte estão os mapas das isoeitas para os anos de 1987, 1997 e 2007. Percebe-se uma quantidade menor de chuva nas áreas próximas a rodovia BR -163 nos três anos respectivos. O padrão de precipitação está próximo a média climatológica (1961-1990) para esta região do Mato Grosso, a qual é de 1700 a 2400mm de acordo com o INMET e CPTEC (2009), podendo haver diferenciações locais. De acordo com os dados pluviométricos desse estudo, as precipitações mais comuns neste região estão na faixa de 1600 a 2000 mm. Para o ano de 1987, a precipitação predominante foi de 1600 a 1800mm. Para os anos de 1997 e 2007 ficou entre 1800 e 2000mm. Parece provável a tendência de intensificação das precipitações em um período menor de tempo, ou seja, chuvas mais torrenciais e localizadas de acordo com as análises anuais dos dados diários do anexo 1.

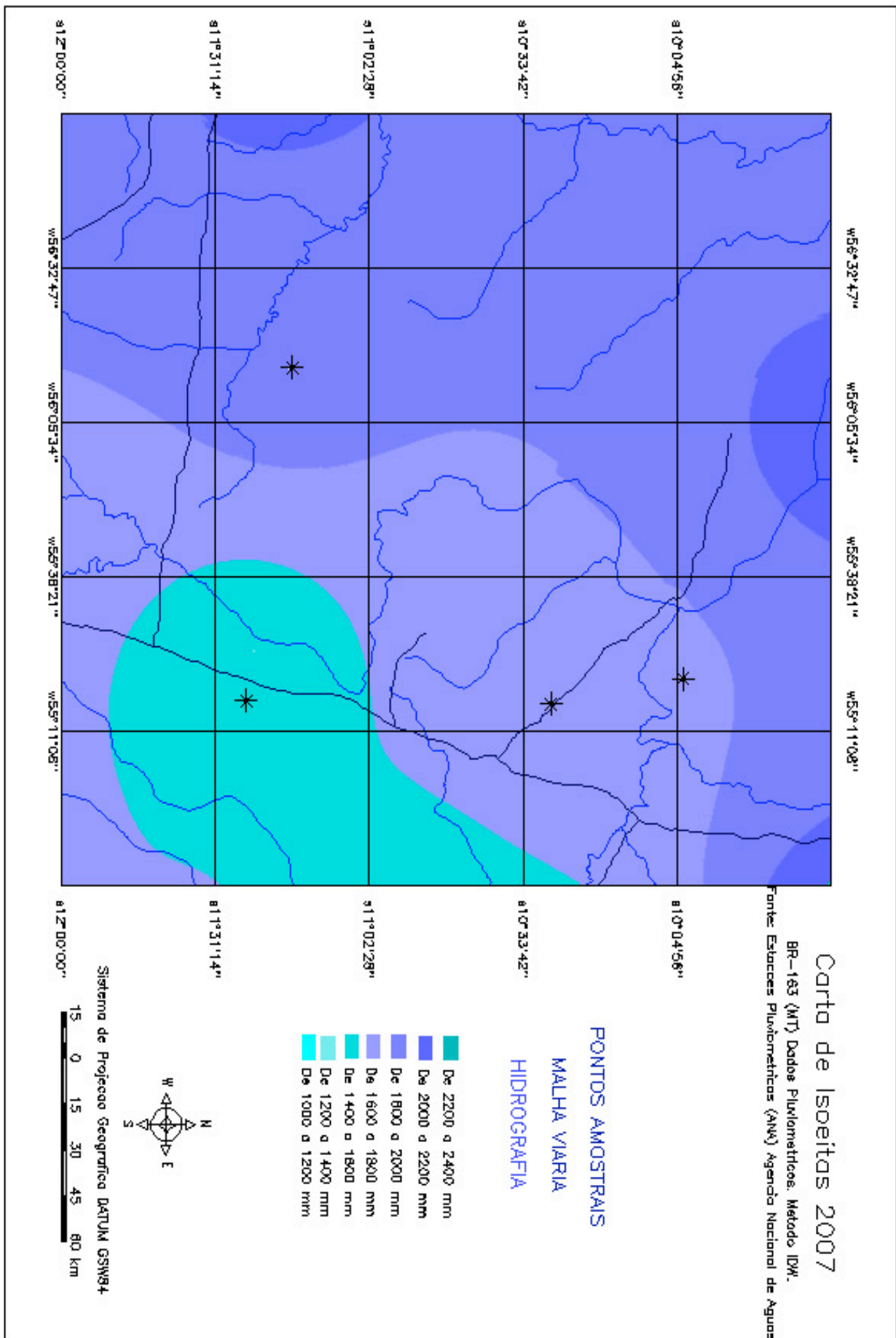
De qualquer forma, apesar da análise ter sido efetuada apenas para três anos, e cada ano em uma década distinta, as precipitações continuaram apresentando totais inferiores de chuva próximos a rodovia BR-163, independentemente da década. Uma análise de todos os anos seqüencialmente, poderá apresentar padrões mais definidos de totais de chuva inferiores em áreas antropizadas.



Mapa 14 Carta de Isoeitas para o ano de 1987 no MT ao long da BR-163. As cores indicam a quantidade de milímetros de chuva. Em linhas azuis a rede hidrográfica e em azul naval a malha viária.



Mapa 15 Carta de Isoeitas para o ano de 1997 no MT ao long da BR-163. As cores indicam a quantidade de milímetros de chuva. Em linhas azuis a rede hidrográfica e em azul naval a malha viária.



Mapa 16 Carta de Isoeitas para o ano de 2007 no MT ao long da BR-163. As cores indicam a quantidade de milímetros de chuva. Em linhas azuis a rede hidrográfica e em azul naval a malha viária.

Uso do Solo vs. Isoeitas no Norte do Mato Grosso (1987-2007) km2 e % (Amostragem)

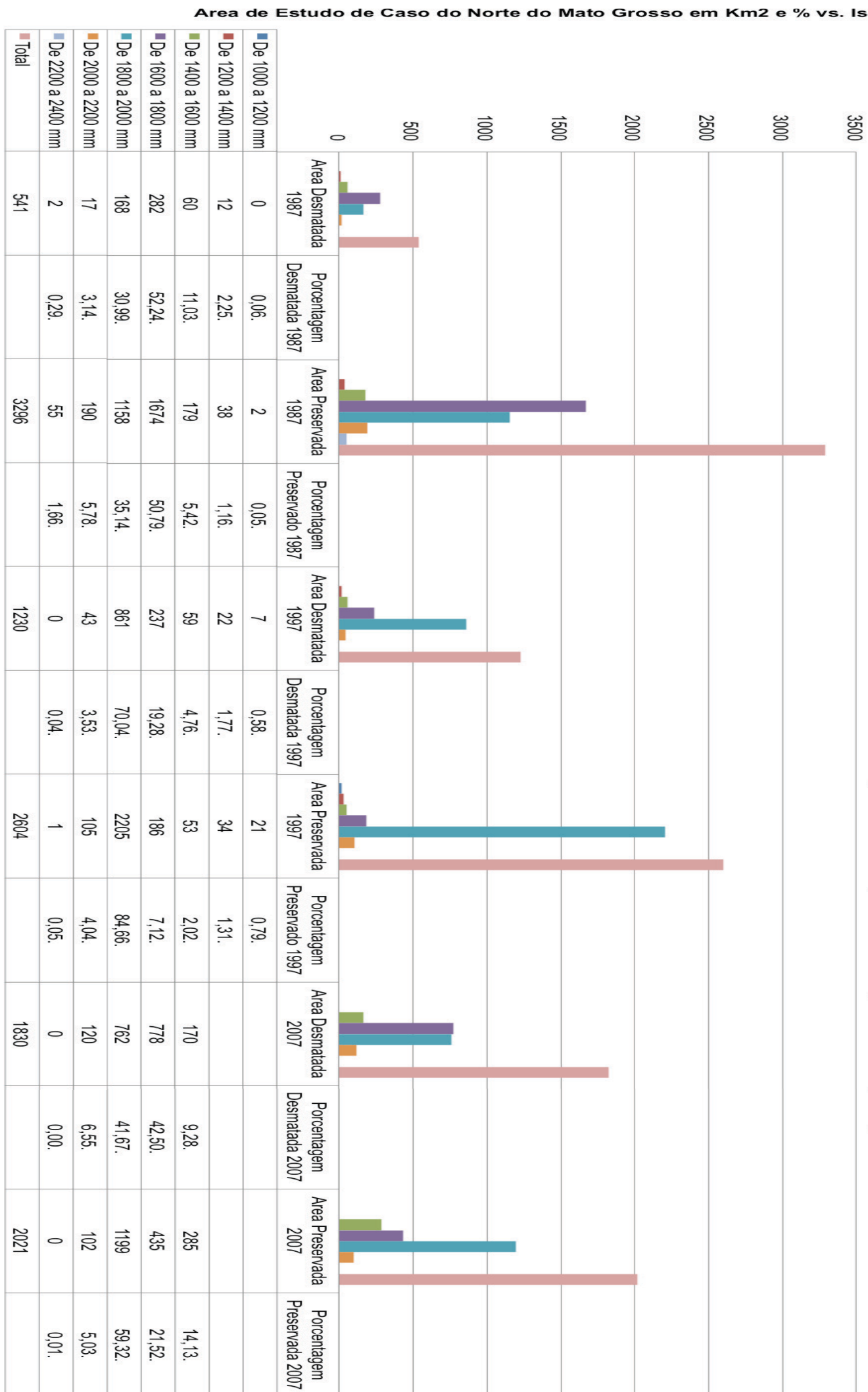


Gráfico 7 Uso do solo vs. isoeitas de Chuva - Norte do Mato Grosso – MT – No gráfico os dados da área em Km2 e %, também o cruzamento com os dados de chuvas em milímetros conforme as isoeitas do método IDW. Áreas preservadas e desmatadas. (Amostragem).

No ano de 1987 as áreas preservadas (3.295,670 km²) receberam maior quantidade de chuva que as áreas desmatadas. Lembrando que para este ano a área desmatada todavia era muito pequena (540,76 km²). Em 1997 as áreas preservadas contabilizavam 2,604.355 km², e as desmatadas 1.229,702 km² um incremento considerável em apenas 10 anos. Neste ano de 1997, as principais chuvas ocorreram em maior quantidade nas áreas preservadas assim como no anterior. Em 2007, as áreas preservadas eram de 2,020.867 km² e as desmatadas de 1.829,678 km². Em 2007 as chuvas mais importantes da região ocorreram também em maior número na área preservada, ressaltando que a diferença entre a área desmatada e preservada já era de apenas 191,188 km² para 2007; houve uma redução dramática da cobertura vegetal.

Salientando o referencial teórico ao longo da dissertação, é provável que exista uma correlação de aumento das precipitações mais importantes de 1800/2000mm em 2007 nas áreas preservadas em relação à 1997 devido a cobertura vegetal (efeito local). Percebe-se também que as chuvas de maior quantidade estão concentradas, e os episódios de chuvas de menor intensidade têm diminuído espacialmente, ou não mais ocorrem freqüentemente durante o período decenal analisado (ver gráfico 7). Nota-se uma diminuição dos eventos extremos, que neste caso se caracteriza pelas nuvens convectivas. Outro aspecto importante é que os mapas mostram que a menor quantidade de chuva está concentrada nas áreas mais próximas da rodovia BR-163.

4.4 ESTUDO FINAL PÓS AMOSTRAGEM. UTILIZAÇÃO DO MÉTODO IDW (INVERSO PONDERADO DA DISTANCIA) E O MÉTODO DA KRIGREAGEM ORDINÁRIA

Para os fins da pesquisa o pesquisador utilizou imagens do satélite de observação da terra LANDSAT 2 TM que conta com 4 bandas para o ano de 1977, disponibilizadas gratuitamente pelo site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e do satélite LANDSAT 5 TM que conta com 7 bandas. A sexta banda (termal) do satélite LANDSAT 5 não fará parte da análise deste estudo; contudo, a banda térmica tem forte correlação com a vegetação e áreas degradadas, as áreas degradadas "esquentam" pela manhã se destacando das áreas vegetadas que permanecem mais frias, uma análise dessas bandas será de interesse do pesquisador em pesquisas futuras. A necessidade da utilização de imagens de menor resolução do satélite LANDSAT 2, para o ano de 1977, se deve ao fato de não haver outras imagens gratuitamente disponíveis para esta década pelo INPE. Preferiu-se utilizar então as imagens do equipamento LANDSAT 5 para os anos seguintes mantendo a compatibilidade dos instrumentos de observação entre todas as décadas. Outra opção seria a utilização das imagens dos satélites sino-brasileiros CBERS e CBERS 2,

porém ambos sem dados para 1977. Para maiores detalhes em satélites e suas especificações consultar JENSEN (2009).

As imagens foram tratadas no programa SPRING 4.33, o qual foi criado e é distribuído gratuitamente pelo INPE. Primeiramente foi feita uma triagem das imagens para que houvesse pouca ou quase nenhuma presença de nuvens. As imagens são adquiridas no web site: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Há um total de 64 cenas do Norte Central e Noroeste do Mato Grosso, as quais foram mosaicadas sob um plano de retângulo envolvente com as respectivas longitudes Long1 o 64 0 1.50, Long2 o 52 29 58.65 e latitudes Lat1 s 16 0 4.43 e Lat2 de uma escala de 1:500.000. A escolha dessa escala se deu pela necessidade do pesquisador em trabalhar uma extensa área, na qual há variabilidade climática heterogênea entre as regiões. As imagens são dos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro, período de seca/estiagem. Esses meses com pouca nebulosidade facilitam a observação do solo e as mudanças antrópicas nas séries temporais das imagens para 1977, 1987, 1997 e 2007. As imagens foram degradadas para uma resolução menor (120 m), permitindo um processamento compatível com o equipamento disponível para pesquisa.

Inicialmente foi cogitada a utilização de um modelo numérico do terreno do estudo de caso. A base de numéricos de relevo e da topografia do Brasil, obtidos pela nave espacial americana Shuttle durante a missão conhecida como SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) está disponível na EMBRAPA. Para cada área de 90 metros por 90 metros do território nacional dispõe-se de uma medida altimétrica com precisão de 15 m. Esse arquivo de base foi recuperado e tratado matematicamente com uso de modelos que permitem reconstituir o relevo do país, como nas cartas topográficas, só que de forma digital e homogênea (EMBRAPA, 2009).

Para a mensuração das chuvas médias aliadas ao uso do solo e sua evolução no período, foi aplicado o método de IDW (Inverso ponderado da distância), explanado anteriormente, e o método da krigagem ordinária. A krigagem ordinária consiste em estabelecer um variograma para cada ponto espacial. Este variograma avalia a influência das estações de acordo com a distância (VILLAR, 2009). Os passos para o geoprocessamento e verificação da evolução do uso do solo são os mesmos aplicados para a amostragem anterior (seção 4.3.1). Os dados da malha viária e da hidrografia dos mapas são do departamento de geografia do IBGE (seção Bacia Amazônica); ambos estão em shapefile e foram agregados como dados temáticos ao programa SPRING.

É pertinente lembrar que para realizar a krigagem ordinária há um número mínimo específico de estações para que o método tenha sua validade. Nesse caso, 30 estações foram selecionadas. A dependência espacial é verificada e modelada por meio de um

instrumento estatístico básico de suporte às técnicas de krigagem, chamado de semivariograma. Na verdade, o semivariograma experimental é um diagrama onde são plotadas as variâncias médias de um conjunto de pares de amostras em função de uma distância determinada (SOARES, 2000 apud EVANGELISTA, 2004).

Os pontos plotados no semivariograma experimental descrevem uma curva característica que representa o comportamento espacial do conjunto de dados utilizados para caracterizar um determinado fenômeno. No entanto, esta curva precisa ser ajustada a um modelo teórico que melhor represente o comportamento deste fenômeno. Imprecisões no ajuste acarretarão imprecisões de estimativa (EVANGELISTA, 2004). Dentre os modelos podemos citar o modelo esférico, o modelo exponencial e o gaussiano. As funções que caracterizam os modelos esférico e exponencial apresentam um crescimento relativamente rápido próximo à origem, simulando um comportamento típico de fenômenos relativamente irregulares, como a pluviometria (SOARES, 2000 apud EVANGELISTA, 2004).

Outro detalhe importante é que as estações devem estar afastadas o suficiente umas das outras, e em número adequado para que o programa seja capaz de ajustar os dados. O ajuste do semivariograma faz com que seu espectro de alcance tenha um diâmetro de circunferência que não se choque com uma estação muito próxima, o que poderia ocasionar erros. Há uma dependência espacial das estações. A krigagem ordinária é realizada pela média local, o dado não deve ser tendencioso, e deve apresentar resultado o mais próximo de 0, para a média, e de 1, para a variância. Logo, o dado não será tendencioso se a média do erro e a soma do valor e das diferenças resultarem em 0 (CAMARGO, 1997; FUCKS, 1999). Os maiores erros de estimação ocorrem em regiões onde há maior dispersão entre as estações pluviométricas. Sendo assim, os erros são um bom indicador de localidades onde há necessidade de instalação de novos postos de coletas de dados de chuva, com o objetivo de melhorar a estimativa em trabalhos científicos (EVANGELISTA, 2004).

Evangelista (2004) relata que:

...a continuidade espacial de um recurso natural, como a chuva, por exemplo, pode ser medida e representada pelo semivariograma dos dados medidos e representativos de uma determinada região, ou seja, determinando-se a dependência espacial entre os dados. No entanto, essa semivariância pode ocorrer ou não de forma uniforme em todas as direções. Assim, quando esta variação se dá de forma homogênea em todas as direções, dá-se o nome de isotropia. Por outro lado, quando a variação assume comportamento diferente para direções diferentes, a distribuição espacial é chamada de anisotrópica. Assim, na análise de variografia da chuva, por exemplo, pode-se esperar que ocorram as duas situações, ou seja, tanto isotropia quanto anisotropia. Isto dependerá da localidade e do tipo de dado utilizado (diário, mensal ou anual)”.

Logo, tendo em mente essas premissas foram gerados 4 arquivos em formato texto (.txt) para alimentar o programa SPRING. O arquivo LD3 contém dados como a posição geográfica da estação, o ano, assim como o a quantidade em mm de chuva para cada uma das 30 estações.

Devido ao pequeno número de amostras viáveis para o Norte do Mato Grosso, houve um esforço constante de ajustar a parametrização do semivariograma. O número escasso de estações e a grande variabilidade dos pontos tanto na distância quanto nos valores pluviométricos acarretavam em dispersões pouco aceitáveis no modelo esférico e no modelo exponencial da krigagem ordinária. Grande parte dos pontos apresentavam-se longe do eixo central do semivariograma, inviabilizando a aplicação do análise geoestatística da krigagem ordinária, tendo o pesquisador obtidos melhores resultados com o método do IDW, do tipo média ponderada.

Nos mapas a seguir (páginas 124 a 127) estão o conjunto das imagens dos satélites LANDSAT 5 e 2 (64 cenas) já mosaicadas e realçadas nas composições RGB 5,4 e 3 para LANDSAT 5 e RGB 3,2 e 1 para LANDSAT 2, as quais permitem verificar a vegetação com maior facilidade. É interessante observar os problemas e erros (comuns) gerados pelas imagens gratuitas do INPE. Vemos por e.g. na imagem do satélite LANDSAT 2 que as cores diferem das demais; resulta que o satélite apresenta apenas 4 bandas e não 7 como o satélite LANDSAT 5, pois é de tecnologia anterior. No que toca as demais imagens de satélite foi possível adquirir de forma satisfatória cenas com total ausência de nuvens ou quase total. Apenas uma imagem do conjunto de 1997 apresentou coloração mais escura que o normal, porém sem prejudicar o geprocessamento dos dados.

Na etapa de classificação o mesmo conjunto de cenas foi utilizado para todos os anos, não obstante, o conjunto de imagens de 1977 apresenta tamanho distinto, por conta da própria diferença entre os satélite LANDSAT 2 e 5. Se comparado às demais, as imagens de 1977 apresentam tamanho reduzido, conforme é visível no mapa de uso do solo e classificação (área esbranquiçada). Já nas imagens de 1987 e 1997 classificadas, observa-se um pequeno ruído na parte inferior da imagem e alguns ruídos na parte superior da imagem respectivamente. Os ruídos são comuns, e para suas devidas correções é desejável que sejam feitas a verificações *in loco* do terreno. Portanto, o pesquisador optou por apresentar os dados reais da imagem, sem prejuízo para pesquisa.

Outro fator importante a ser esclarecido, é que as imagens de satélite e o geprocessamento são uma representação e uma aproximação da realidade encontrada *in situ*. Após a consulta com especialistas, foi verificado que tais ruídos não acarretam em danos significativos em uma área de análise extensa, e no tipo de análise a qual se propõem esse estudo de caso.

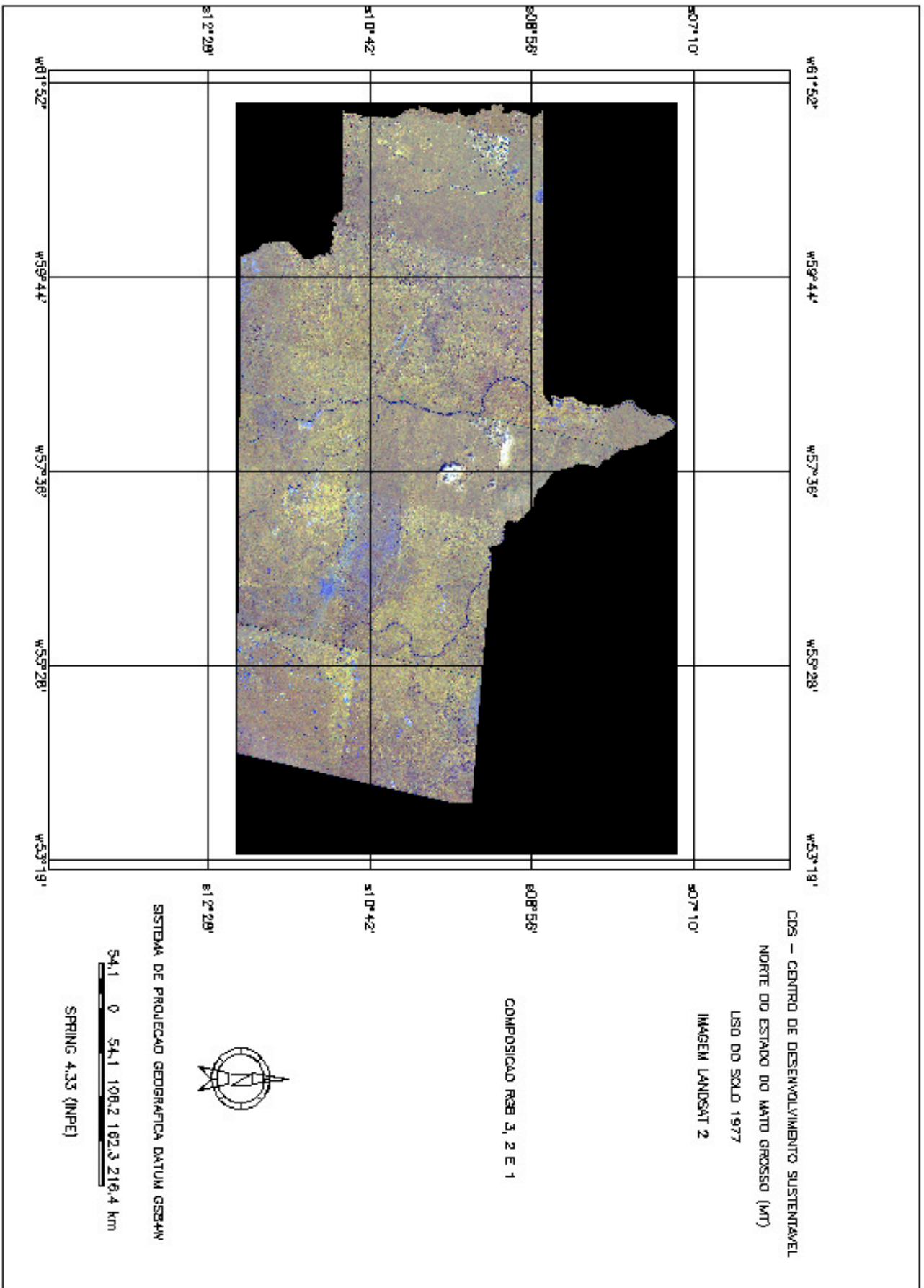


Imagem de Satélite 1 LANDSAT 2. Conjunto de cenas para o ano de 1977.

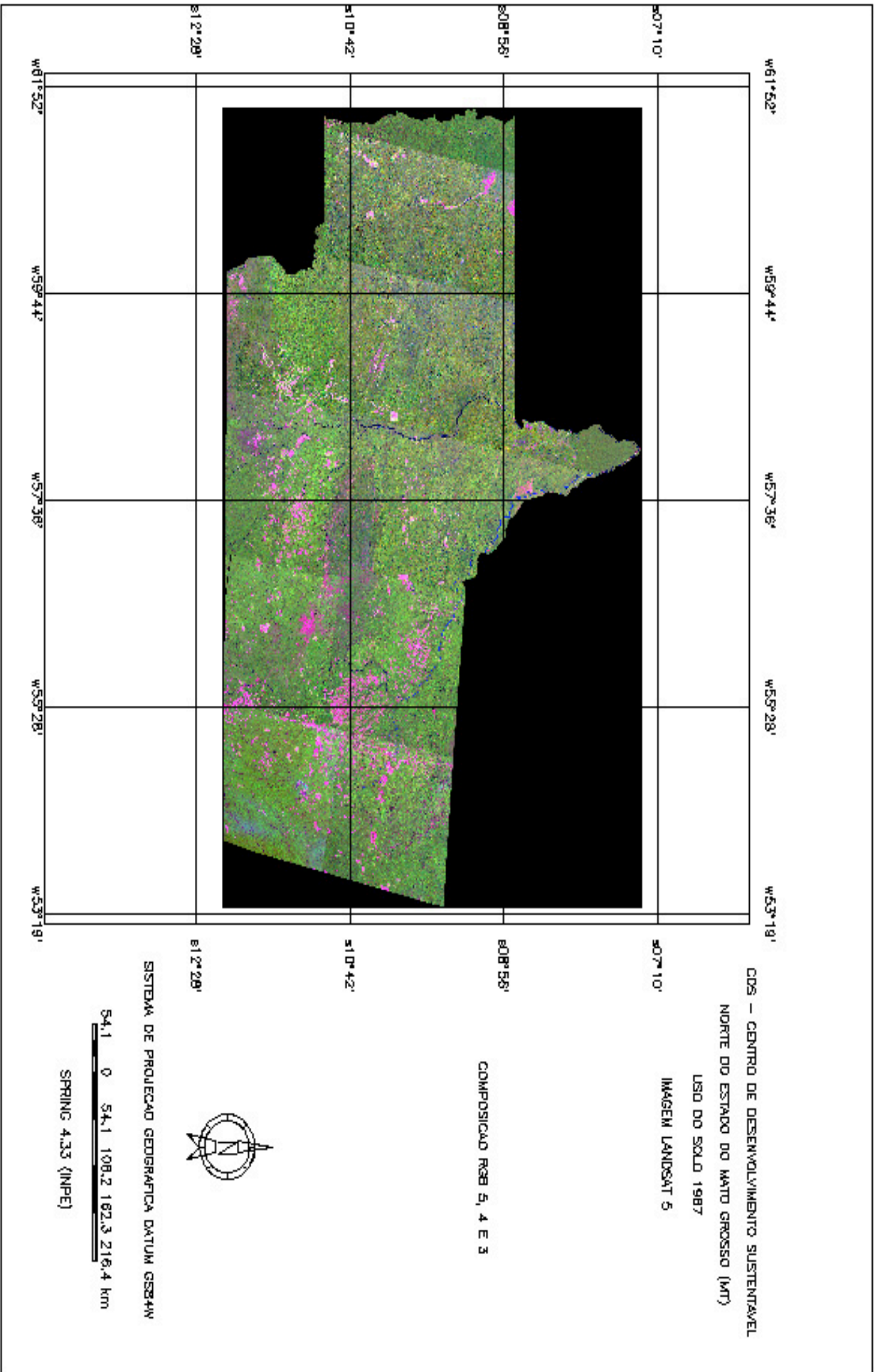


Imagem de Satélite 2 LANDSAT 5. Conjunto de cenas para o ano de 1987.

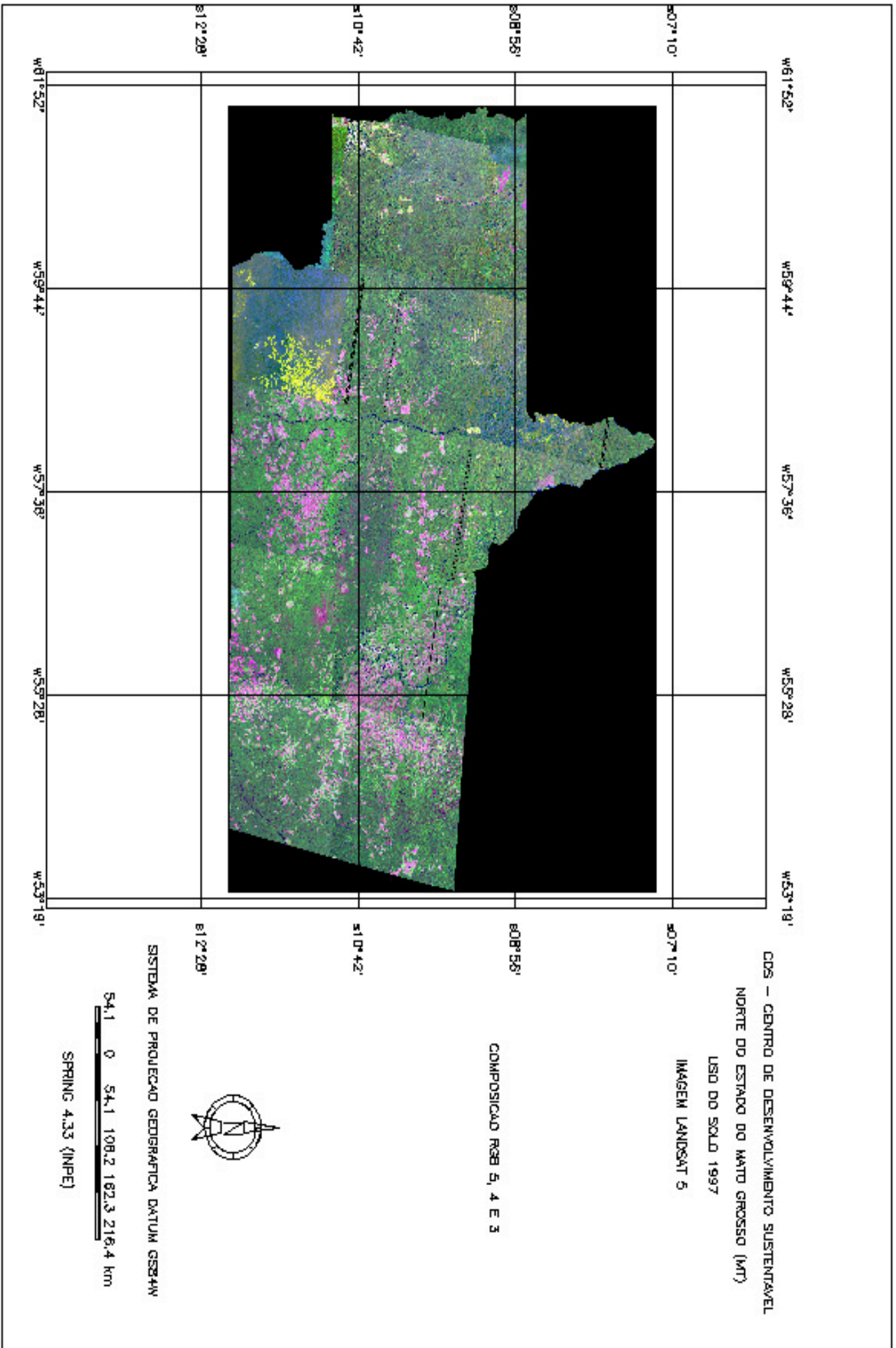


Imagem de Satélite 3 LANDSAT 5. Conjunto de cenas para o ano de 1997.

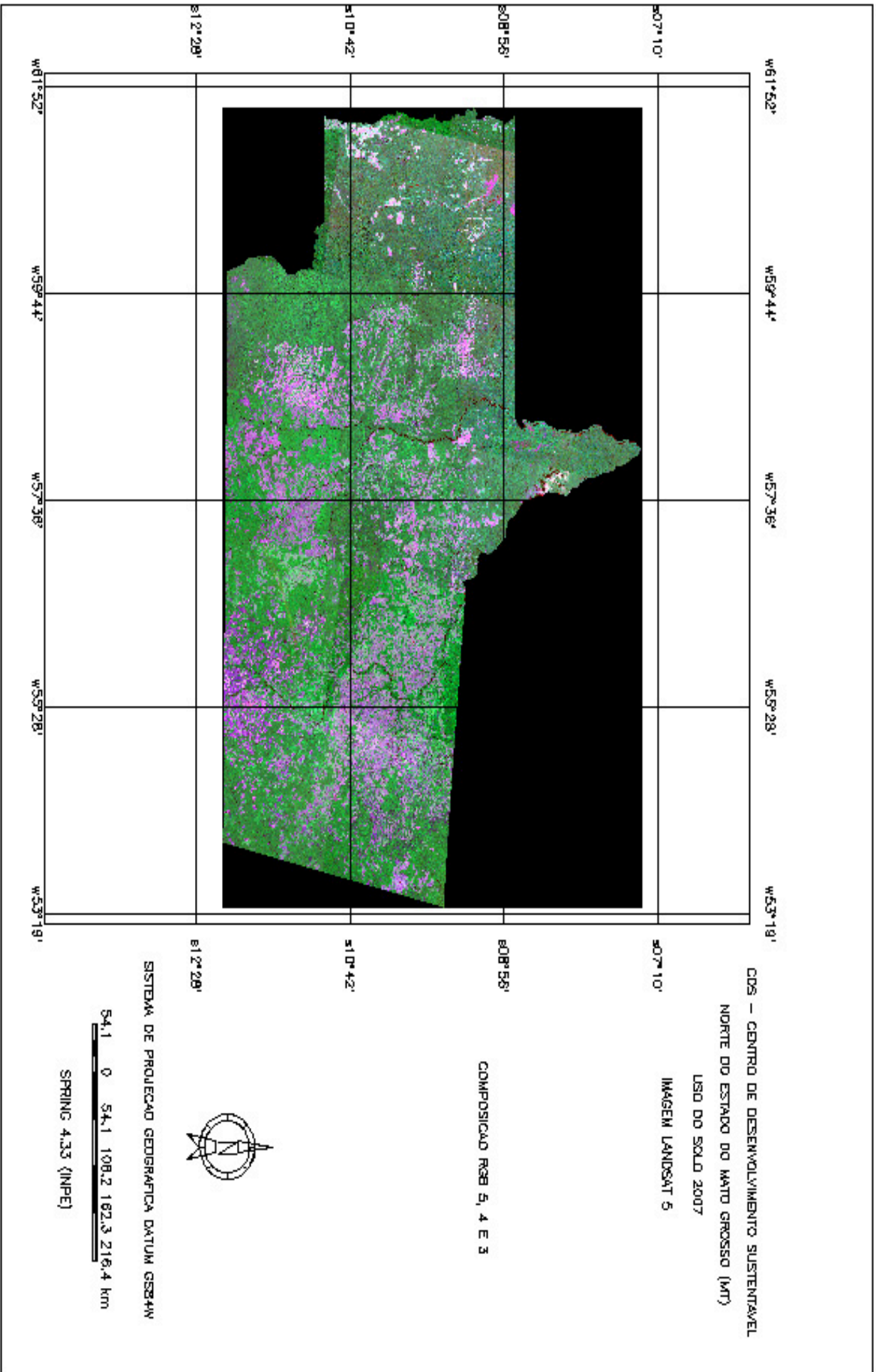


Imagem de Satélite 4 LANDSAT 5. Conjunto de cenas para o ano de 2007.

É possível verificar apenas pela composição das bandas RGB das imagens anteriores que o uso do solo e a mudança na cobertura vegetal da região Norte do Mato Grosso foi significativo(a) durante o período de 30 anos da análise. A classificação das imagens a seguir, e a análise dos dados permitirá uma apreciação com maior profundidade dessas mudanças ao longo dos anos de 1977 até 2007.

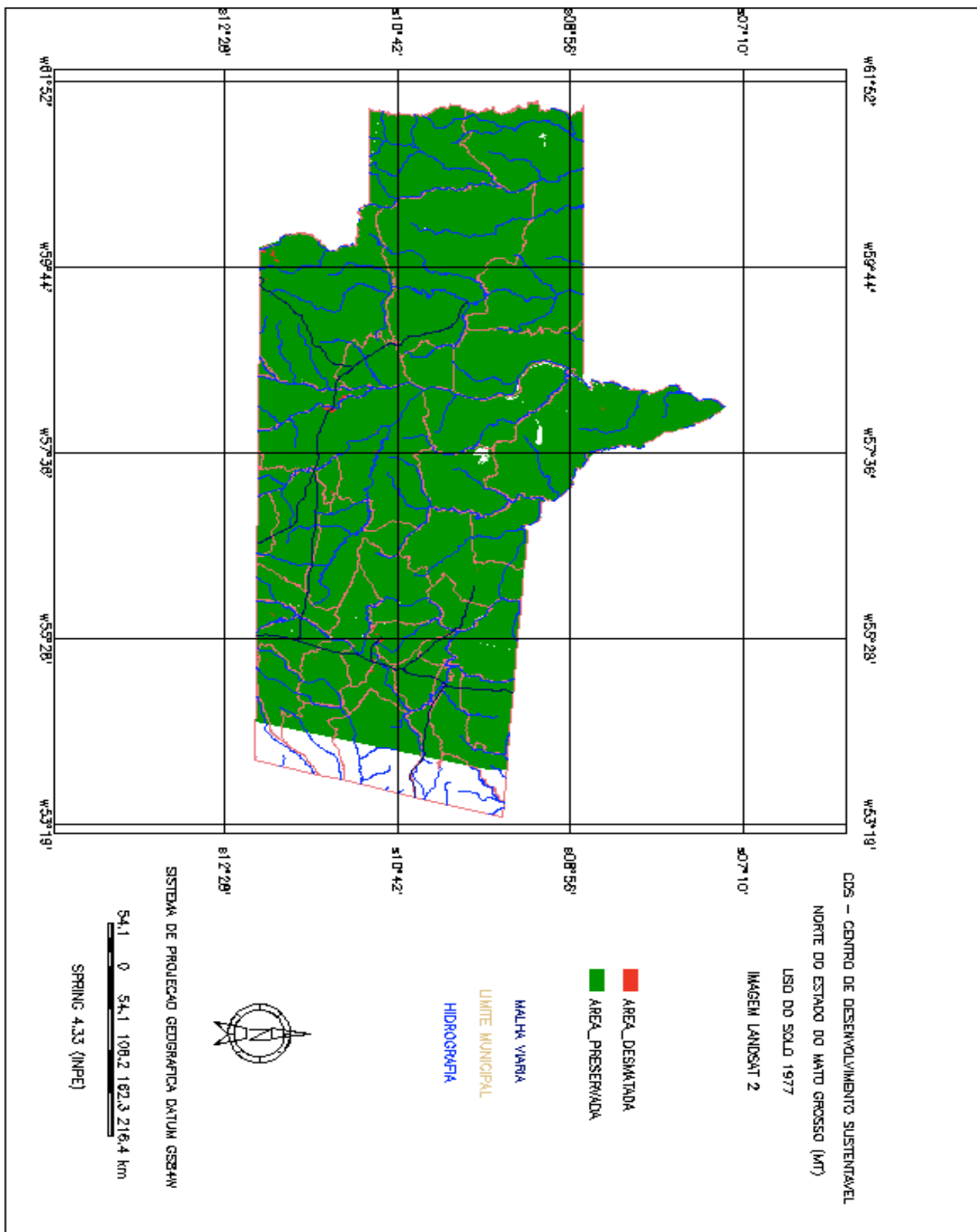


Imagem de Satélite 5 Classificação do uso do solo no ano de 1977. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro.

Na classificação do uso do solo para o ano de 1977 observa-se na imagem poucos pontos de alteração da vegetação, apenas na porção sul-central do mapa, e na metade central da rodovia BR-163, assim como suas áreas adjacentes. Esse dado é similar aos dados da colonização Norte Mato-Grossense, que data do início da década de 70, com maiores e profundas alterações nos anos seguintes. Como vemos nos mapas a seguir (páginas 132-134), as modificações durante a década de 1980, 90 e ano 2000 foram mais intensas. Na figura de 1987 observamos um incremento substancial das áreas antropizadas próximas ao eixo da BR-163 e das rodovias estaduais MT – 220, MT – 328 e MT – 410, fundamentando as explicações dados por autores citados anteriormente como DUBREUIL (2002) e PASSOS (2007).

No ano de 2007 o Norte Mato-Grossense apresenta-se altamente antropizado, as porções leste do estudo de caso e as partes mais meridionais do triângulo envolvente denotam a expansão urbana, agrícola e de desmatamento típicas da região. Percebe-se que as áreas desmatadas originaram-se prioritariamente a partir das rodovias federais e estaduais nessa região do estado, e partir desses centros, braços adjacentes foram criados gerando novos núcleos agrícolas, urbanos e de desmatamento

A presença ineficiente do Estado e a comunicação falha entre o sistema de cadastramento (INCRA) e de registro legal (Cartório) facilitou a ação de grileiros, favorecendo a ocupação ilegal de terras públicas, a abertura de estradas clandestinas e o desmatamento florestal. A corrupção em diversos níveis institucionais, incluindo órgãos fiscalizadores e cargos da burocracia estadual, contribuiu para o agravamento da situação. A expectativa da pavimentação da BR163 levou a uma intensa migração para a região, impulsionando a grilagem e a especulação fundiária, resultando no adensamento dos conflitos sociais.

Diversas Unidades de Conservação (UC) municipais, estaduais e federais, tanto de uso sustentável quanto de proteção integral, associada à áreas indígenas, foram criadas como forma de conter o desmatamento e preservar a biodiversidade do Bioma Amazônico. Entretanto, a efetividade da conservação esbarra na fiscalização insuficiente e na impunidade dos atores que desrespeitam a legislação ambiental. Estudo realizado em parceria pelo IBAMA/ WWF aponta que tal ineficiência não se deve propriamente à incapacidade dos administradores, mas à falta de infraestrutura e deficiência quantitativa de recursos humanos e financeiros.

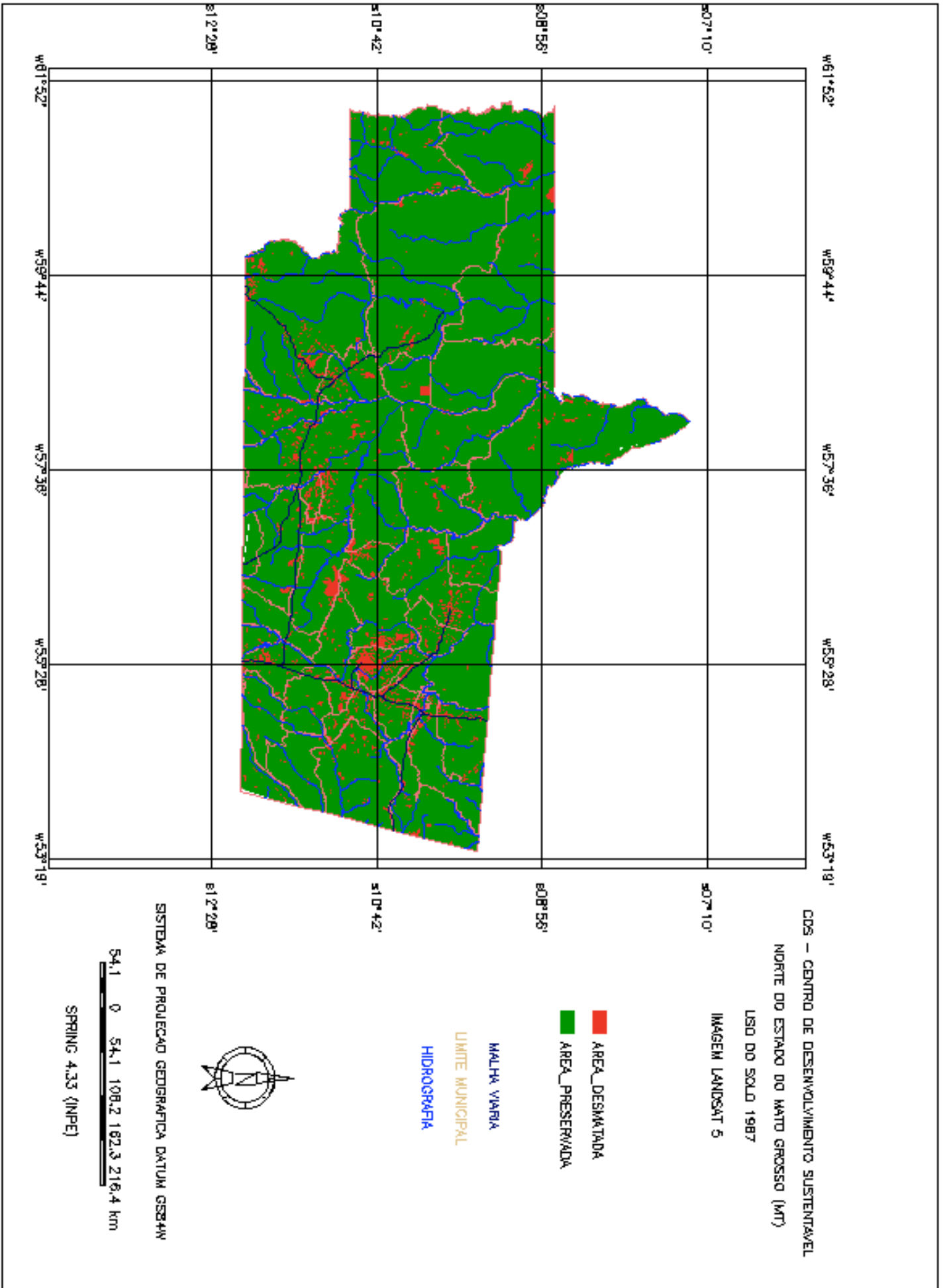


Imagem de Satélite 6 Classificação uso do solo de 1987. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. 132
 A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro.

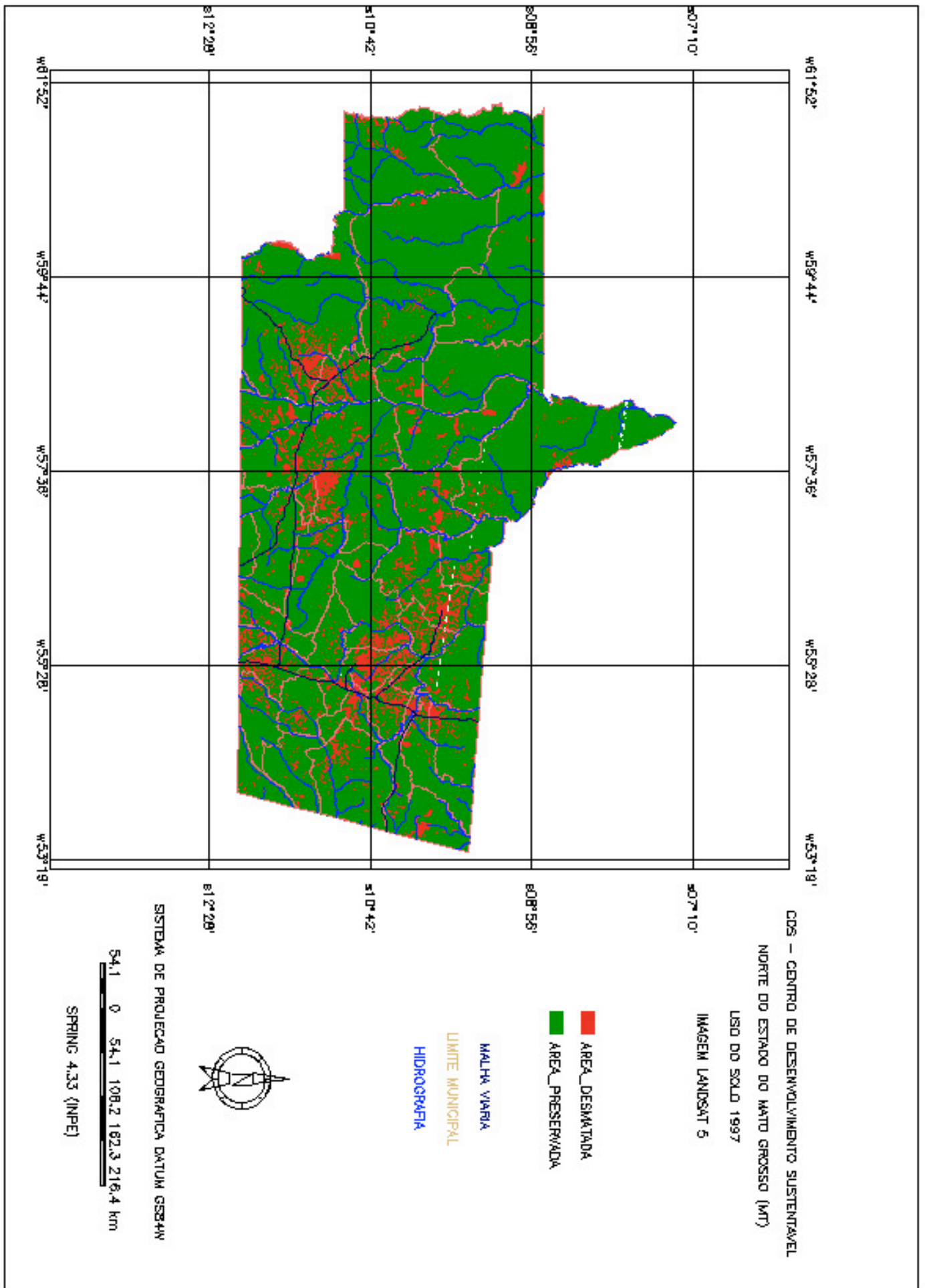


Imagem de Satélite 7 - Classificação uso do solo 1997. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro.

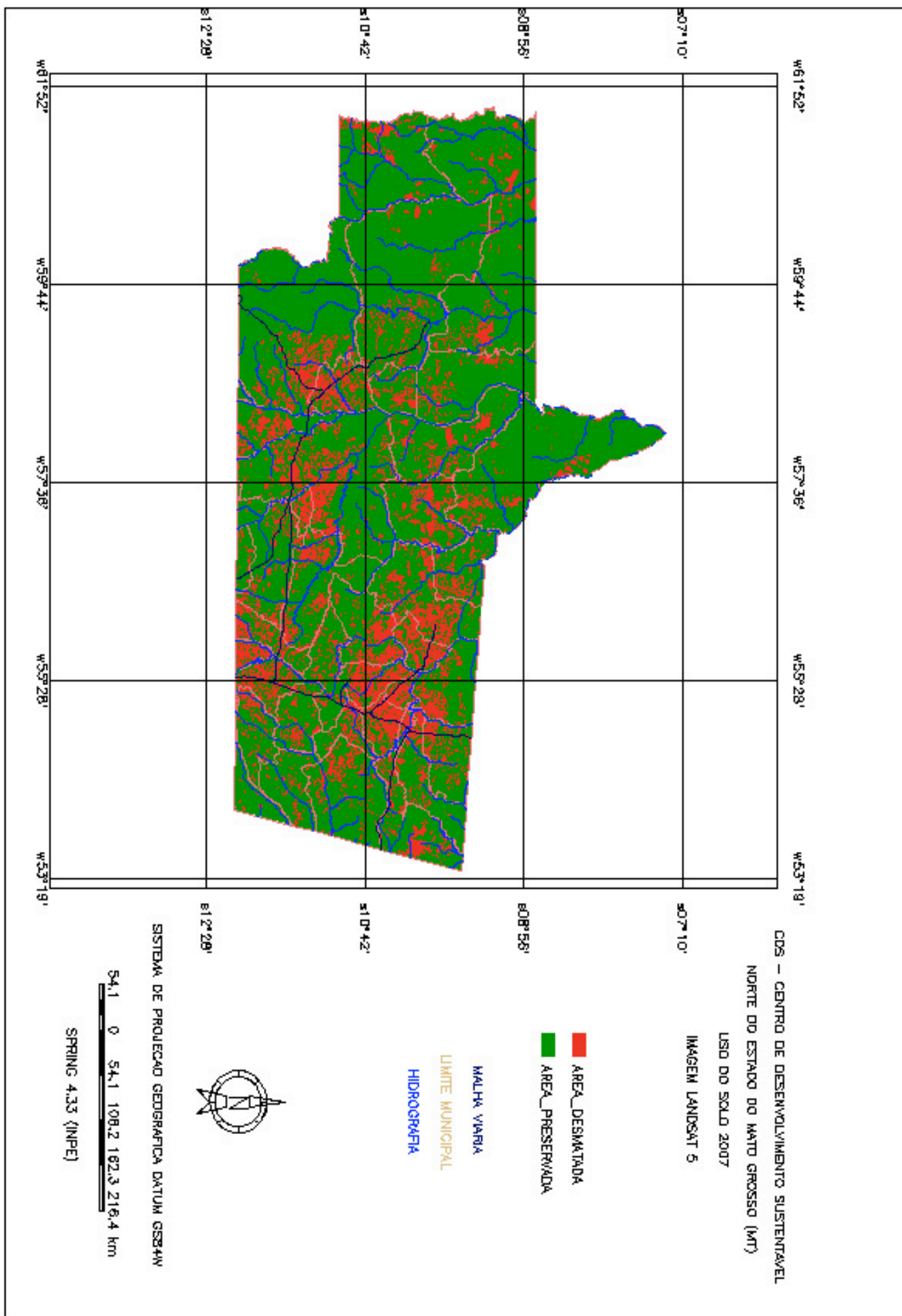


Imagem de Satélite 8 Classificação do uso do solo 2007. Áreas preservadas em verde e áreas desmatadas em vermelho. A malha viária (BR-163 e outras rodovias em azul naval. A hidrografia em azul claro e os limites municipais em bege claro.

. O gráfico a seguir ilustra a evolução das áreas preservadas e desmatadas. A área total do estudo de caso é de 282.500 km². No ano de 1977, apenas 388 km² estavam desmatados, em 1987 14.025 km² já apresentavam-se desmatados. Em 1997 esse número subiu para 28.977 km² e em 2007 para 57.776 km². Logo, detecta-se uma diminuição de 4% nas áreas preservadas de 1977 a 1987, 5% de 1987 a 1997 e de 11% de 1997 a 2007. Assim, aproximadamente 20% da área apresenta-se desmatada.

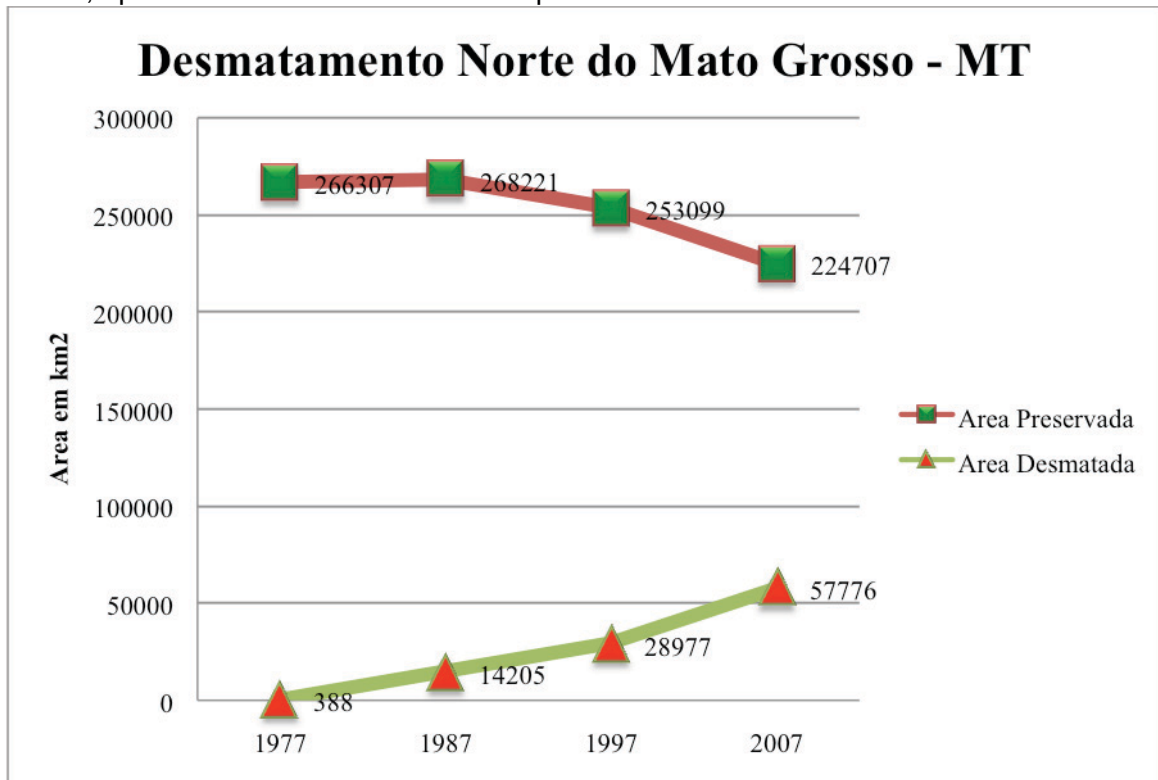


Gráfico 8 Gráfico gerado por meio dos dados de geoprocessamento e classificação de áreas preservadas e desmatadas do estudo de caso do Norte do Mato Grosso. Para o período de 1977 até 2007. Notar diferença entre satélite LANDSAT 2 e LANDSAT 5 no tocante a área total de 1977 para 1987.

Nos mapas a seguir (páginas 136 a 138) serão ilustrados os resultados encontrados por meio do método IDW (Inverso ponderado da distância) – média ponderada – opção que apresentou os melhores resultados comparados a média ponderada/quadrante. A krigagem ordinária apesar de apresentar um semivariograma bem distribuído após incessantes ajustes com as amostras das 30 estações (utilizando-se as opções esféricas e exponenciais), não foi capaz de gerar um modelo de chuvas aceitável. A krigagem espacializou em camadas subseqüentes e fatiadas as chuvas, impossibilitando qualquer utilização no trabalho. Os resultados negativos da krigagem se deram pelo limitado número de estações meteorológicas disponíveis para o estudo.

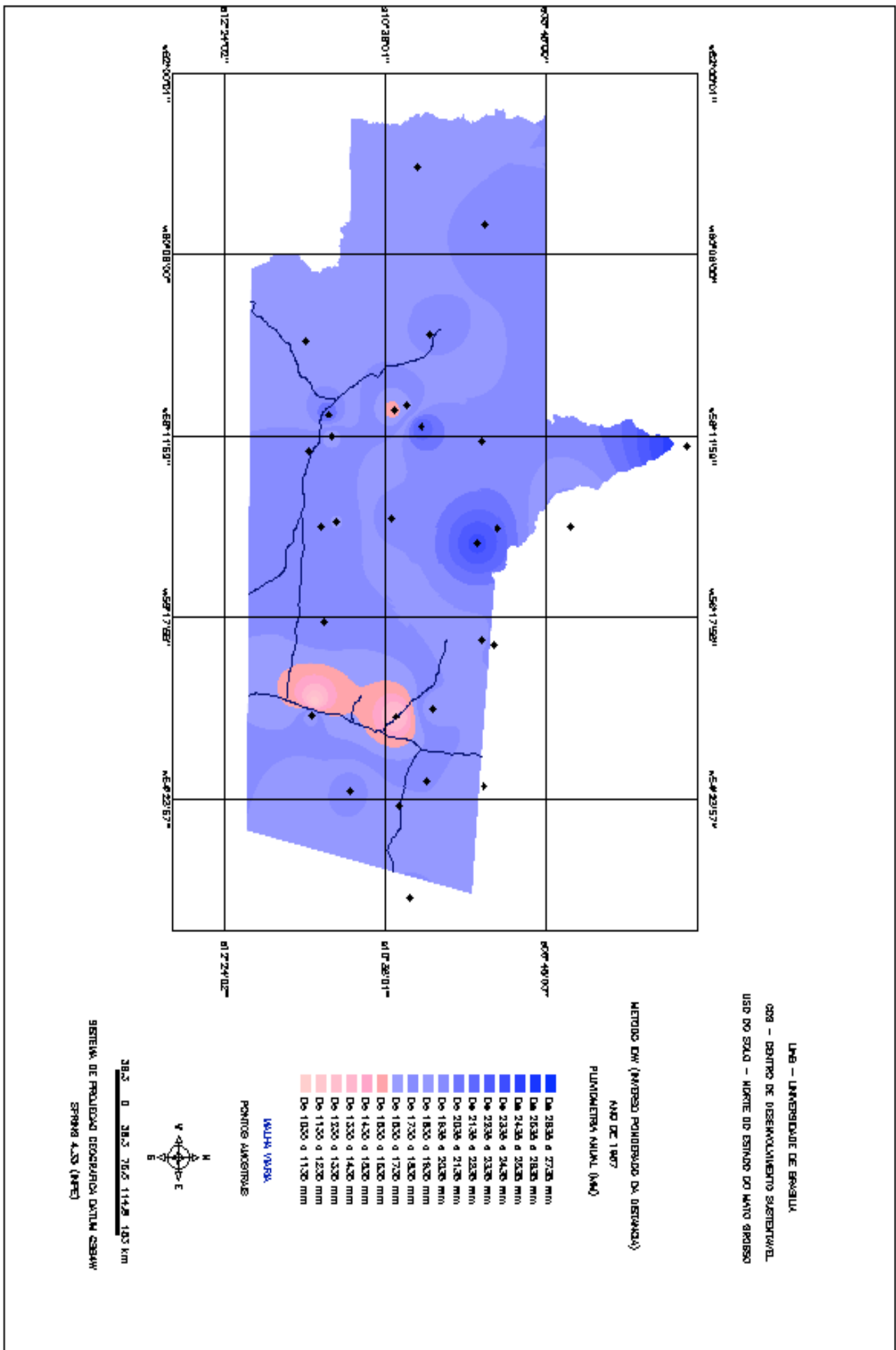


Imagem de Satélite 9 Isoeitas de chuva em mm. Ano de 1987. Em azul naval a malha viária (BR-163, demais rodovias), e em azul claro a hidrografia. Em preto os pontos amostrais das estações meteorológicas. A escala na legenda lista os totais em milímetros das precipitações.

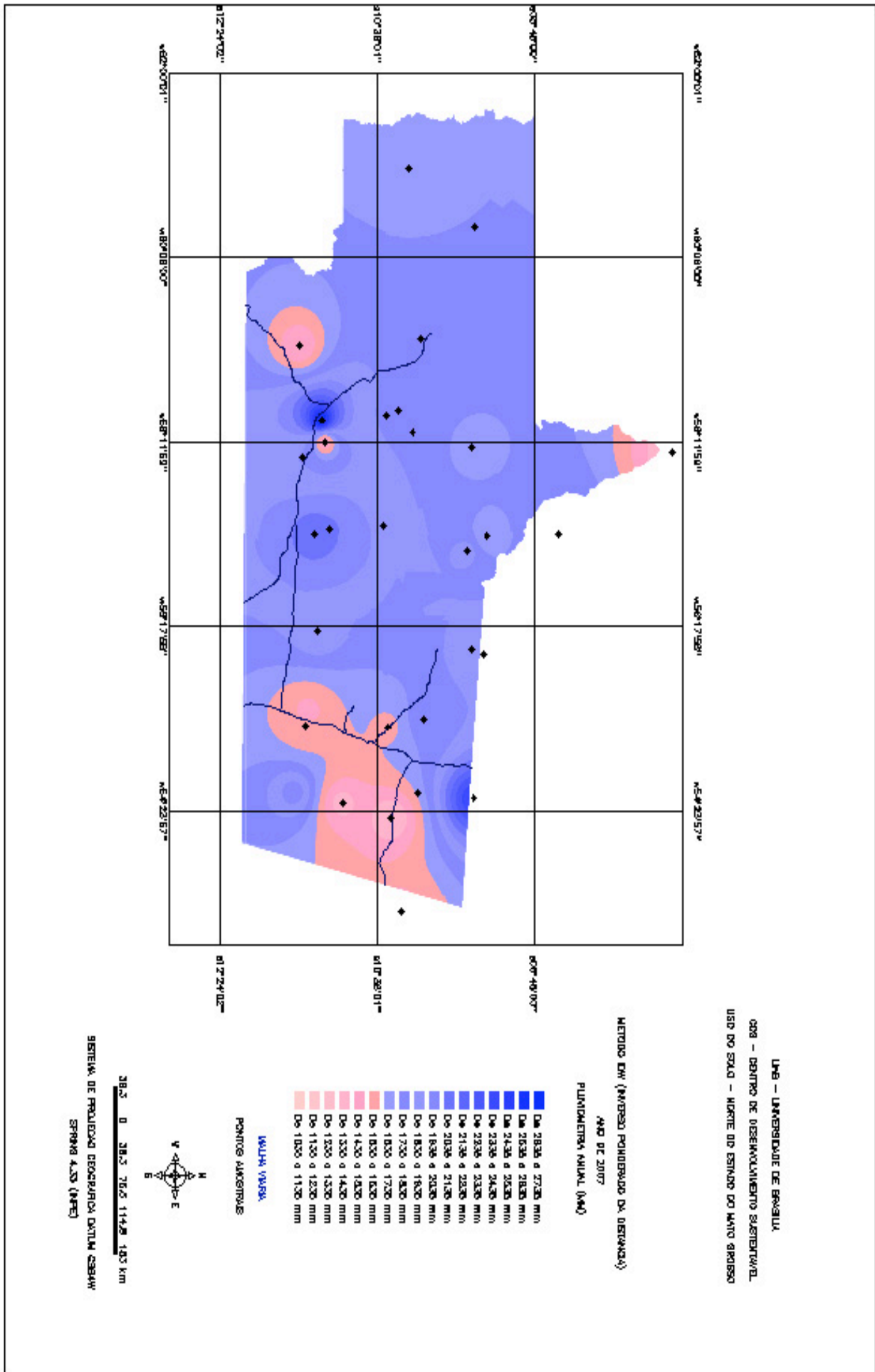
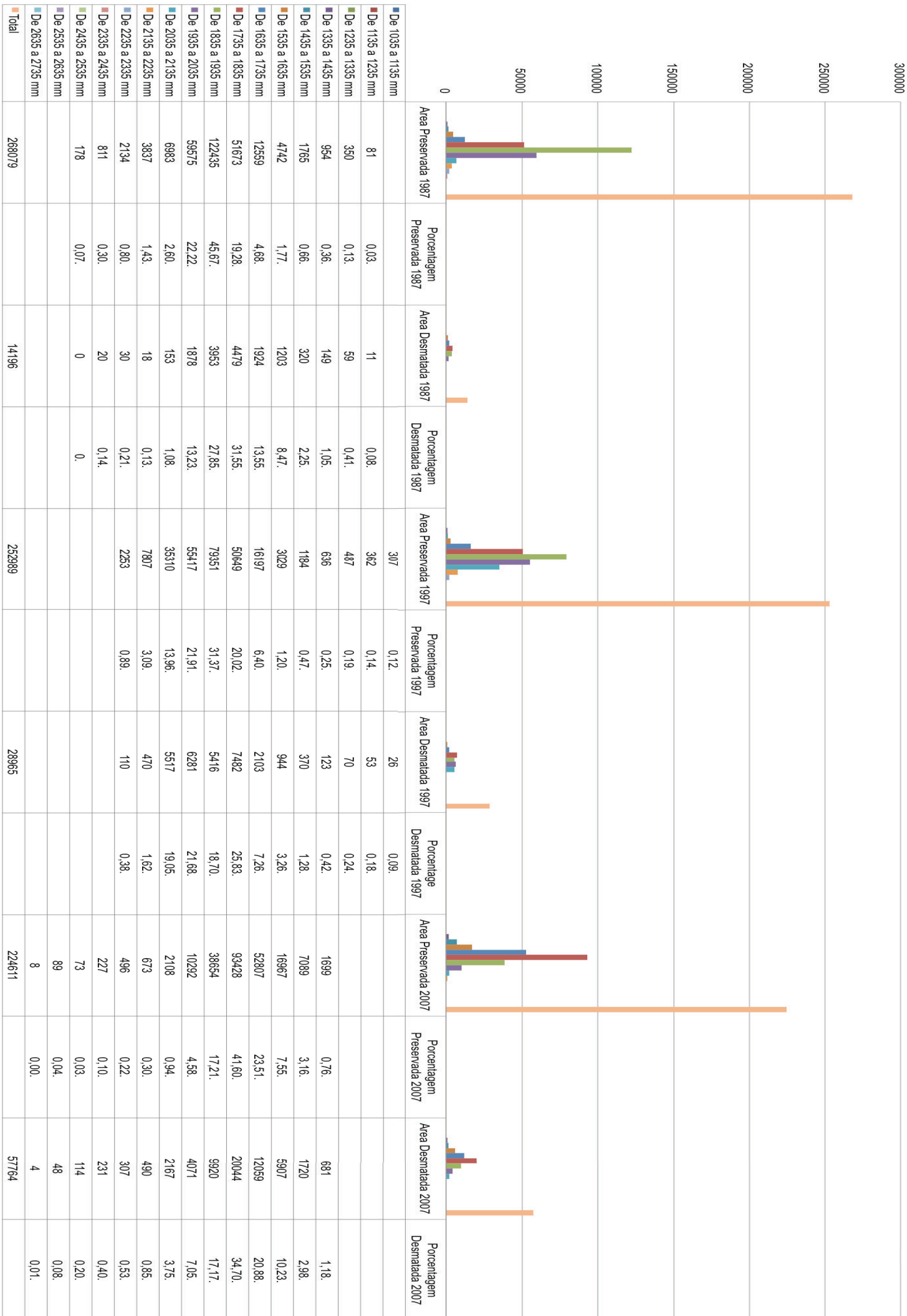


Imagem de Satélite 11 Isoetas de chuva em mm. Ano de 2007. Em azul naval a malha viária (BR-163, demais rodovias), e em azul claro a hidrografia. Em preto os pontos amostrais das estações meteorológicas. A escala na legenda lista os totais em milímetros das precipitações.

Uso do Solo vs. Isoeitas no Norte do Mato Grosso (1987-2007) km2 e %

Área do Estado de Caso do Norte do Mato Grosso em Km2 vs. Isoeitas

Gráfico 9 - Uso do solo vs. isoeitas de Chuva - Norte do Mato Grosso – MT – No gráfico os dados da área em Km2 e %, também o cruzamento com os dados de chuvas em milímetros conforme as isoeitas do método IDW. Áreas preservadas e desmatadas.



No mapa de isoeitas de 1987 nota-se nas áreas próximas das rodovias os menores valores pluviométricos (entre 1300 e 1600 mm de chuva) e nas áreas afastadas das áreas antropizadas valores próximos ou superiores a 2000 mm. Vale lembrar que as áreas mais ao norte do estado recebem mais chuva que as áreas centrais (conforme a climatologia regional)(SEPLAN, 2002). Entretanto, é interessante observar o padrão das chuvas de menor intensidade nesse ano em particular (1987), os quais seguem os eixos rodoviários e núcleos urbanos da região.

Em 1997 as chuvas mais escassas permaneceram ocorrendo ao longo e largo da BR-163, e mais especificamente na região de Alta Floresta, bem como no sudoeste da área estudada. Contudo, nesse ano, a região central apresentou os maiores índices de chuva, diferentemente do ano de 1987, onde as chuvas de maior intensidade se concentraram no norte do estado. Genericamente as chuvas diminuíram em toda região conforme o gráfico 9.

Para o ano de 2007 a redução das chuvas é mais significativa, ultrapassando os números de 1987 e 1997. Ainda assim, é perceptível que as chuvas menos intensas estão ininterruptamente próximas a BR-163. Complexo é tentar ponderar uma análise de meso-escala ou mesmo regional, e chegar a qualquer conclusão acerca dos padrões climatológicos regionais. Entretanto, localmente (clima local) essas mudanças podem ter impacto para os produtores rurais, os quais têm seus cultivos estabelecidas ao longo das rodovias, bem como para a floresta, aumentando seu poder inflamável e de combustão.

As isoeitas fora da área do estudo de caso, próximas ao parque do Xingú, ao leste da BR-163, também apresentaram maiores quantidades de chuva do que nas áreas próximas a rodovia. Na amostragem efetuada anteriormente com o recorte da máscara, onde se analisa o impacto local, vemos que em algumas regiões as áreas devastadas superam ou igualam-se as áreas preservadas. Entretanto, como mostra o gráfico 7, no ano de 2007, as precipitações mais significativas continuaram ocorrendo nas áreas preservadas, malgrado a existência de áreas antropizadas mais extensas que as áreas preservadas. De uma perspectiva local, pode se dizer que é muito provável que a evapotranspiração da vegetação tenha um impacto importante na ciclagem da chuva. Um maior efeito albedo devido ao desmatamento poderia alterar os mecanismos biofísicos e bioquímicos locais dessa ciclagem. O balanço do ecossistema afetado por sua vez causa efeitos em cadeia de forma gradativa e pouco conhecidos, visto que é quase inexistente o levantamento de fauna e flora da região em questão.

Como o gráfico 9 ilustra, as áreas preservadas receberam maior quantidade de chuva em todo período de análise, contudo, essas áreas ainda são a maior parte do território. Se analisada a região como um todo (apenas 20% do território foi desmatado), pode-se entender que não houve mudanças bruscas nas precipitações de forma regional (apenas diminuição dos totais pluviométricos nos últimos 30 anos), mas muito provável que

localmente essas mudanças vêm impactando a ciclagem da chuva. O menor vapor de água disponível na atmosfera pode diminuir eventos convectivos durante o período chuvoso nas áreas antropizadas, conseqüentemente afetando as áreas preservadas. As chuvas mais ordinárias durante os anos de 87 e 97 foram entre 1835 e 1935mm, diminuindo em 2007 para 1735 e 1835mm. Bem como houve um incremento das chuvas na categoria inferior entre 1635 e 1735mm.

Se observado na perspectiva de comparação das chuvas entre a área controle (preservada) e a área antropizada (áreas próximas a BR -163 e demais rodovias), durante os 3 anos de análise, as chuvas na área controle foram mais bem distribuídas e em maior quantidade que nas áreas próximas aos núcleos urbanos e eixos da malha viária.

4.5 RELAÇÕES ENTRE DESMATAMENTO E VARIAÇÕES DE TEMPERATURA

Como embasamento para os efeitos locais mencionados, podemos citar os estudos desenvolvidos por DUBREUIL (2009; 2002) referente aos experimentos produzidos nos municípios de Vera e Alta Floresta no norte do MT. As temperaturas armazenadas nos bancos de dados das estações automáticas, implantadas pelo grupo de estudos do laboratório COSTEL, localizadas na floresta, em áreas urbanas e rurais, apresentam diferenças marcantes entre si. Alguns resultados são descritos a seguir:

A temperatura da floresta geralmente é mais fria do que a do campo de dia e de noite. A diferença é especialmente acentuada no início do dia (desvio superior a 3°C) e, secundariamente, no início da noite (pouco menos de 2°C às 20h). Apesar do aumento da turbulência do ar na zona rural, o que ajuda na mistura das camadas inferiores do ar, a diferença de temperatura para o benefício de pasto não é compensada. Então, é como se a floresta ajudasse a manter o ar mais fresco nas pastagens no período da manhã e da noite. Ao contrário da floresta, o pasto aquece muito mais rápido na manhã e esfria mais lentamente no início da noite (DUBREUIL, 2009), corroborando com pesquisas desenvolvidas por Fearnside (1995) no Pará e Amazonas.

Durante a noite, as temperaturas da floresta tornam-se cada vez mais baixas (0,5°C a 1°C) do que nas áreas com pastagem, especialmente com o avanço da estação seca. A área desmatada do município de Alta Floresta é geralmente mais quente e seca (5 a 10%) do que a região de floresta do "Parque Cristalino". Essa diferença é particularmente evidente durante o dia, quando atinge em média cerca de 2 °C, mas também durante a noite com a chegada da estação seca (0,5°C). Longe de responder a uma lógica simples de temperaturas mais elevadas nas cidades e no campo, as averiguações realizadas em uma cidade pequena como Alta Floresta mostram que a diferença de temperatura entre as pastagens, floresta e áreas urbanas têm importantes flutuações temporais. As condições

locais de radiação em função da influência da terra é significativa, mas não uniforme em temperaturas observadas (DUBREUIL, 2009).

Por conseguinte, distintos gradientes de temperatura também podem ser responsáveis por ilhas de calor e diferenças na umidade relativa do ar, conseqüentemente ocasionando influência na evapotranspiração e abertura dos estômatos das plantas, e também na troca de umidade e gás carbônico com a atmosfera local, impactando as chuvas de ciclagem local.

A diminuição das chuvas pode causar perdas extensas na agricultura e pecuária no estado do Mato Grosso. Por conseguinte, chuvas torrenciais e mal distribuídas acarretam em erosão do solo e lixiviação, carregando quantidade de elementos minerais essenciais da agricultura para os corpos hídricos, prejudicando a produção de *commodities*, e incentivando o uso abusivo de fertilizantes e insumos, causando danos ao meio já antropizado.

O setor energético também pode sofrer perdas por conta da diminuição das chuvas, as quais abastecem grande parte das usinas hidrelétricas e PCH que correspondem por quase 80% da geração de energia elétrica do país.

No caso dos projetos de assentamento em que o processo de urbanização e desmatamento tornou-se muito difundido, como é o caso de Alta Floresta, a transformação radical da terra tem sido acompanhada por uma mudança significativa nas condições locais de equilíbrio de energia, e um aumento local de contrastes térmicos.

No geral, a diferença de temperatura observada no centro da cidade de Alta Floresta (2 e 4°C em média) é provavelmente comparável ou superior aos valores médios observados no resto da região antes do desmatamento e da urbanização. Além das possíveis implicações dos distúrbios climáticos produzidos pelo desmatamento da Amazônia nos últimos 30 anos, o homem já produziu mudanças drásticas no clima a nível local, mas, além dos resultados aqui apresentados, permanecem ainda pouco compreendidos (DUBREUIL, 2009).

Serão necessárias medidas efetivas do governo no combate ao desmatamento, e na criação de políticas públicas que equilibrem as visões divergentes, dicotomias e paradoxos entre interesses de distintos ministérios no que tange a ocupação da Amazônia Legal. A iniciativa privada deverá seguir normativas que correspondam com as demandas atuais do desenvolvimento sustentável e as exigências de diversos tratados climáticos internacionais, preservando as florestas, a qualidade do solo, o bem estar social, e a manutenção dos recursos hídricos para as populações futuras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extensa revisão bibliográfica efetuada referente ao sistema climático que opera na Amazônia, bem como a análise e o geoprocessamento dos dados pluviométricos primários, e sua relação com o uso da terra, permitiram agregar valor e maior profundidade na hipótese inicial de que é muito provável que localmente e regionalmente a ação antrópica do desmatamento, e a conversão de florestas para a agricultura e outros usos podem estar afetando localmente o ciclo hidrológico no norte do Estado do Mato Grosso.

Grosso modo, como explanado na Parte III, o sistema climático em meso-escala é de difícil entendimento, e até hoje, os modelos climatológicos mais modernos ainda não são capazes de contemplar uma infinidade de variáveis que são condições *sine qua non* para a projeção dos cenários de mudanças climáticas. Dentre essas variáveis não internalizadas nas modelagens podemos citar: o uso do solo, o papel da vegetação na formação de bioclimas locais e microclimas, assim como partículas provenientes da combustão de incêndios florestais entre outros.

É perceptível na opinião de diversos autores que a conversão de florestas para agricultura, solo exposto e a queima de vegetação, modificam de forma significativa o balanço de energia proveniente dos raios solares que atingem a terra (efeito albedo), assim como a umidade presente no ar, e a ciclagem de diversas partículas e elementos bioquímicos e biogeofísicos que compõem o ciclo hidrológico.

A seguir, alguns pontos importantes revisados por diversos autores em relação ao uso do solo e sua relação com o clima na Amazônia Brasileira:

- Durieux (2002) detectou uma diminuição da nebulosidade geral e especialmente da nebulosidade alta durante a época seca e chuvosa, os dados são para os anos de 1970-1990. Essa diminuição é mais visível quando 20% das áreas estavam desmatadas;
- Cutrim et al. (2005) detectou um aumento da nebulosidade baixa durante a estação seca devido ao desmatamento. Essas nuvens baixas normalmente não causam chuvas;
- Fu e Li (2004) detectaram um aumento da sazonalidade durante o período seco, e precipitações mais violentas em curto espaço de tempo durante os anos de 1979 a 1993;
- Para Wang et al. (2009) a Amazônia funciona como um oceano verde. A evapotranspiração é a maior fonte de vapor de água nas florestas tropicais. O O₃ emitido em grandes quantidades devido ao desmatamento e a pecuária danifica o estômato das plantas. As nuvens altas são mais propícias para a

formação de chuvas, e se formam nas áreas florestadas, diferentemente das nuvens baixas que se formam nas áreas desmatadas;

- Chu et al. (1994) detectaram uma diminuição de chuvas na Amazônia meridional durante 15 anos, atribuindo o decréscimo a fenômenos climáticos em mesoescala;
- Marengo (2004) detectou decréscimo de chuvas em toda bacia Amazônica no período de 1950-1998, atribuindo o decréscimo a fenômenos climáticos em mesoescala;
- De acordo com Larcher (2000) as florestas transpiram de 1500-2000mm por ano, o que demonstra a importância da vegetação para o ciclo hidrológico. A maior emissão de gás carbônico significa menor abertura dos estômatos das plantas, diminuindo a fertilização de carbono a longo prazo;
- Para Salati (1984) 10 a 20% de desmatamento é suficiente para causar dano ao ecossistema Amazônico;
- Called et al. (2004) detectou diminuição das chuvas em uma análise de 43 estações pluviométricas durante os anos de 1945-1998 na Amazônia Brasileira.
- Lean et al. (1996) e Villar (2009) detectaram redução de 32% nas chuvas devido a conversão de florestas para pastagens conforme estimativas do modelo do Hadley Center na Inglaterra.
- Villar (2009) detectou decréscimo das chuvas de 780 para 580mm (-18%) a partir do ano de 1983 (estação seca), e queda geral das precipitações de 1790 para 1660mm (-10%). Lembrando que a partir de 1983 houve intenso desmatamento na Amazônia meridional.

Não obstante o clima da área de estudo de caso apresentar uma heterogeneidade ampla (por conta de inúmeras variáveis explicadas anteriormente) do mesmo modo que as demais regiões da Amazônia; há uma característica da região que enfatiza e coloca em voga a questão da diminuição das precipitações. Essa característica é o longo período seco que a região de transição de biomas apresenta (Cerrado-Amazônia). A porção mais ao Sul da Amazônia apresenta uma estação seca mais ou menos definida durante os meses de junho-setembro, diferentemente das outras regiões do bioma.

Esse período seco é amenizado em grande parte pela existência da floresta, que conserva a umidade em seu interior e em suas áreas adjacentes, assim como garante a manutenção da rede de aquíferos, e permite valores mais altos de umidade relativa do ar; evitando o ressecamento das árvores e diminuindo a vulnerabilidade a combustão, em contrapartida das áreas desmatadas ou semi-desmatadas. A retirada de parte da vegetação da floresta pode acarretar em um prolongamento da estação seca, e uma diminuição das

chuvas locais causadas por convecção, como descrito nos estudos efetuados em Rondônia por Wang et al.(2009), e na Amazônia de forma geral detectados por Durieux (2002) em áreas desmatadas e com vegetação.

Tais premissas corroboram para sustentar a hipótese de que um número maior de áreas desmatadas na Amazônia diminua consideravelmente o aporte de umidade proveniente da floresta (calcula-se a taxa de reciclagem de água seja de 85% por meio da vegetação), induzindo a floresta a uma possível savanização, aniquilando espécies de flora e fauna, modificando significativamente o balanço de energia e a troca dos fluxos ecossistêmicos entre os biomas que dependem da floresta, assim como as atividades agrícolas e as populações que necessitam da água.

Os resultados encontrados no geoprocessamento das imagens de satélite dos dados de uso do solo, denotam uma expressiva modificação da paisagem “floresta” da década de 1970 até os finais dos anos 2000. Extensas áreas foram degradadas, e o panorama não é alentador no que tange a conservação da biodiversidade em termos de diversidade como a conhecemos. Os dados demonstram que o desmatamento na região é exponencial e não tem diminuído nos últimos 30 anos, aniquilando 20% da floresta original do norte do MT. A análise dos dados de chuva (isoeitas) permitem aferir que houve uma diminuição geral das chuvas nos últimos 30 anos durante os três períodos observados (1987, 1997 e 2007) principalmente nas áreas desmatadas. Os índices pluviométricos mais baixos estiveram continuamente próximos ou nas próprias áreas antropizadas, Seis estações pluviométricas com dados para o período da década de 1970 apresentaram valores pluviométricos mais elevados, em contraponto aos valores mais atuais do ano de 2007.

Os dados pluviométricos da maioria das 30 estações disponíveis apresentaram tendência de declínio conforme calculado pelo programa estatístico CLIMDEX 1.0 (30 anos de análise). De 30 estações, apenas 10 apresentaram um aumento nas precipitações, e em alguns casos esse aumento foi quase imperceptível. Já as tendências de queda é bastante proeminente em algumas regiões desmatadas, conforme descrito na seção 4.1.1. Outra característica interessante é que a área controle têm valores pluviométricos mais elevados que a área desmatada, o que aproxima a hipótese de que as áreas preservadas recebem mais precipitação por conta da ciclagem da água via evapotranspiração; regiões da área preservada próximas a regiões muito devastadas do estado de Rondônia (Nordeste do MT), apresentaram decréscimo das precipitações.

Quanto aos resultados geoestatísticos o método do IDW correspondeu de maneira satisfatória com as séries de dados existentes, e permitiu entender como os totais pluviométricos estiveram situados no território do estudo de caso do norte do MT.

Uma análise de todos os anos por meio da geoestatística - em estudos futuros - será de interesse para aprofundar os detalhes das precipitações durante o período de 30 anos.

Mapas individuais anuais dos 30 anos poderão revelar com maior clareza a distribuição das chuvas nas áreas preservadas e desmatadas.

Do ponto de vista do pesquisador a hipótese levantada pela pesquisa confirma-se com os dados do geoprocessamento contidos nos gráficos 7 e 9, e nas análises estatísticas do programa RCLIMDEX 1.0 da seção 4.1.1. Portanto, existem indícios de que houve uma diminuição das chuvas na região de forma geral, e um pequeno aumento de precipitações nas áreas preservadas em detrimento das áreas desmatadas. A floresta é coadjuvante e apresenta um papel importantíssimo na conservação do ciclo hidrológico local (índices pluviométricos maiores nas áreas preservadas). O esclarecimento quanto ao papel da floresta em regiões continentais e afastadas do mar na produção de energia (calor latente), e conseqüentemente na produção de chuvas, é de suma importância para a sociedade e para a manutenção dos serviços ambientais a longo prazo.

A pesquisa das chuvas e suas conexões com o uso do solo no norte do Mato Grosso revelam que há uma necessidade de desenvolvimento de estudos que compreendam em profundidade os efeitos do desmatamento no ciclo hidrológico, e como as atividades antrópicas (agricultura e pecuária) vêm afetando o clima regional e local nas regiões tropicais brasileiras, especialmente na Amazônia e no Cerrado. Outras variáveis como temperatura e relevo, bem como uma maior análise da ecologia e do ecossistemas locais, poderão provar ou não a hipótese levantada pelo grupo de pesquisadores que tentam confirmar as interconexões entre o uso do solo, e as mudanças no clima local e regional em áreas tropicais afins a esse estudo de caso.

Uma maior rede de estações pluviométricas, assim como maiores incentivos em pesquisas interdisciplinares que congreguem equipes de ecólogos, físicos, meteorologistas, biólogos e cientistas sociais, podem endereçar de maneira mais profunda as conseqüências da interação e intervenção das atividades humanas com as demais variáveis climáticas, biológicas e físicas. Compreender como se conjugam as variáveis é pertinente, pois por meio do entendimento das conseqüências da atividade humana sobre o meio ambiente será possível criar estratégias de mitigação e adaptação as mudanças climáticas locais e regionais no Mato Grosso. Essas conclusões poderão servir de estratégia para as políticas de uso da terra endereçadas aos futuros gestores e habitantes da região.

REFERÊNCIAS

- ACEITUNO, P., 1988: **On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector, part I: surface climate**. *Monthly Weekly Review*, 116, 505–524.
- ALMEIDA, RUALDO MENEGAT; GERSON. **Desenvolvimento Sustentável e gestão ambiental nas cidades: estratégias a partir de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- AMAZONAS, MAURÍCIO C (ORG); NOBRE, MARCOS (ORG). **Desenvolvimento Sustentável A Institucionalização de um Conceito**. Brasília: Edições IBAMA, 2002.
- ARTAXO, P. DIAS, M. A., O Mecanismo da floresta para fazer chover, **Scientific American**, nº 11, abril 2003.
- ASSAD, E ; PINTO, H ; ZULLO, J ; MARIN, F. ; PELLEGRINO, G. **Mudanças Climáticas e a produção de grãos no Brasil : avaliação dos possíveis impactos**. Desafios do Clima. Plenarium. Câmara dos Deputados. Outubro 2008. Ano V, número 5.
- ASSAD E. e PINTO H. (Orgs.). **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil**. Embrapa e Unicamp. Agosto de 2008.
- BARRETT, EUGENE P. ODUM; GARY W. **Fundamentals of ecology**. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2005. 598
- BONAN GB. 2008. Forests and climate change: Forcing feedbacks and the climate benefits of forests. *Science* 320: 1444–1449. **Ecology**, 81, 425–432.
- BRANCO, SAMUEL MURGEL, 1989. **Ecossistêmica: Uma Abordagem Integrada dos Problemas do Meio Ambiente**. São Paulo: Edgar Blücher.
- BROVKIN, V.M., ET AL., 2004. Role of land cover changes for atmospheric CO₂ increase and climate change during the last 150 years. **Global Change Biology** 10, 1253–1266.
- BURSZTYN, M. **A difícil sustentabilidade**. São Paulo: Garamond. 2005.
- CALL'EDE, J., GUYOT, J.-L., RONCHAIL, J., L'HÔTE, Y., NIEL, H., AND DE OLIVEIRA, E. 2004. Evolution du debit de l'Amazone à Obidos de 1902 à 1999. **Hydrological Sciences Journal**, 49 :85–97.
- CALL'EDE, J., RONCHAIL, J., AND GUYOT, J.-L. 2008. D'éboisement amazonien : son influence sur le d'ébit de l'Amazone à Obidos (Brésil). **Revue des Sciences de l'Eau**, 21 :59–72.
- CÂMARA, et al. Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. São José dos Campos, INPE, set/2006. Atualizado por Marisa da Motta. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New
- CAMARGO, E. **Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geoestatísticos (krigeagem) no sistema de processamento de informações georreferenciadas (spring)**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, orientada por Dra. Suzana Druck Fuks e Dra. Corina da Costa F. Yanasse, aprovada em Junho de 1997. INPE São José dos Campos Junho de 1997
- CAPRA, F. **O ponto de mutação**. São Paulo: editora Cultrix, 1982.
- CARVALHO, L., JONES, C., AND LIEBMANN, B. 2004. The Southern Atlantic Convergence Zone : Intensity, form, persistence and relationships with intra-seasonal to inter-annual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, 17 :88–108.

CAUDURO DIAS DE PAIVA E.M., CLARKE R.T., 1995 : Time trends in rainfall records in Amazonia ; ***Bulletin of the American Meteorological Society***, “76(11), 2203-2209”

COCHRANE, M.A. AND M.D. SCHULZE, 1999: Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species. ***Biotropica***, 3, 221–227.

COCHRANE, M.A., A. ALENCAR, M.D. SCHULZE, C.M. SOUZA, D.C. NEPSTAD, P. LEFEBVRE, AND E.A. DAVIDSON, 1999: Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. ***Science***, 284, 1832–1835.

CREPANI et al. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo**. INPE. São José dos Campos, 2004. INPE-11237-RPQ/760

CUTRIM E., MARTIN D.W., RABIN R., 1995 : Enhancement of cumulus clouds over deforested lands in Amazonia, ***Bulletin of the American Meteorological Society***, 76(10), 1801-1805”

D’ALMEIDA, C., VOROSMARTY, C., HURTT, G., MARENGO, J., DINGMAN, S., AND KEIM, B. 2007. The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia : a review on scale and resolution. ***International Journal of Climatology***, 27 :633–647.

DEUS et al. **Interpolação Espacial de Precipitações Anuais na Bacia do Alto e Médio Teles Pires, MT** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2525-2531

DEPARTMENT OF ENERGY AND CLIMATE CHANGE. **The road to Copenhagen. The UK Government's case for an ambitious international agreement on climate change**. Presents to Parliament by the Secretary of State for Energy and Climate Change by Command of Her Majesty. June. 2009. ISBN 978010765923

DIRMAYER, P. AND SHUKLA, J. 1994. Albedo as a modulator of climate response to tropical deforestation. ***Journal of Geophysical Research***, 99 :20863–20877

DUARTE, L. M. G; THEODORO, S. H. (Orgs) ***Dilemas do Cerrado. Entre o ecologicamente (in)correto e o socialmente (in)justo***. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

DUBREUIL, V. et al. **Environment et télédétection au Brésil**. Rennes: les PUR Presses Universitaire Rennes 2002. 188

DUBREUIL, V. **Climatological Impact o land-cover change in the Southern Amazonia: A case study in the region of Alta Floresta, Mato Grosso, Brazil**. Laboratoire Costel, Université Rennes II. 2009.

DURIEUX L., 2002 : **Étude des relations entre les caractéristiques géographiques de la surface et les nuages convectifs dans la région de l’arc de déforestation en Amazonie** ; Thèse de Doctorat de l’Université d’Aix-Marseille I ; 279p

Especial SIPAM – **Sensoriamento Remoto a serviço do meio ambiente. Informativo do Sistema de Proteção da Amazônia** – Missão SIPAM/SAR MMA – Abril de 2009.

EVANGELISTA, B. **Aplicações geoestatísticas na análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de Goiás e Distrito Federal**. Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Universidade de Brasília. Julho de 2004.

FEARNSIDE , P.M., 1984: Simulation of meteorological parameters for estimating human carrying capacity in Brazil's Transamazon highway colonization area. ***Tropical Ecology***, 25(1), 134–142.

FEARNSIDE, P.M., 1989: **A Ocupação Humana de Rondônia: Impactos, Limitese Planejamento**. CNPq Relatórios de Pesquisa No. 5, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, Brasil, 76 pp. (in Portuguese).

FEARNSIDE, P.M., 1995: Potential impacts of climatic change on natural forests and forestry in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 78, 51–70.

FEARNSIDE, P.M., 1997: **Monitoring needs to transform Amazonian forest maintenance into a global warming mitigation option**. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2(2–3), 285–302.

FEDDEMA, J.; ET AL. The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates. **Science**, v. 310, n. 9 DECEMBER, 2005.

FERNANDES, WENHONG LI1; RONG FU; ROBINSON I. NEGRÓN JUÁREZ; KATIA. Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. **Philosophical Transactions of The Royal Society**, v. 363, p. 1767–1772, 11 February 2008.

FRIEND, A.D., A.K. STEVENS, R.G. KNOX, AND M.G.R. CANNELL, 1997: A process-based, terrestrial biosphere model of ecosystem dynamics (hybrid v. 3.0). **Ecological Modelling**, 95, 249–287.

FU R, LI W. 2004. The influence of the land surface on the transition from dry to wet season in Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology** 78:97–110.

FUKS, Suzana, CAMARGO, Eduardo Celso Gerbi; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; FELGUEIRAS, Carlos Alberto; . **Integração de geoestatística e sistemas de informação geográfica: Uma necessidade**. *Anais - GIS Brasil'99 (V Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina*. Salvador (BA): FatorGIS, Jul. 1999. (Em Cd- Rom).

GEERTZ, Clifford; **A Interpretação das Culturas**. Zahar Editores. Rio de Janeiro, 1986.

GEERTZ, Clifford; **O Saber Local: Novos Ensaios em antropologia interpretativa**. Tradução de Vera Mello Joscelyne. Editora Petrópolis. Rio de Janeiro, 2007.

GIDDENS, Anthony; **As conseqüências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. Editora Unesp. São Paulo, 1991.

HECHT, S.B., 1993: The logic of livestock and deforestation in Amazonia. **BioScience**, 43(10), 687–695.

HECHT, S.B., R.B. NORGAARD, AND C. POSSIO, 1988: The economics of cattle ranching in eastern Amazonia. **Interciencia**, 13(5), 233–240.

HENDERSON-SELLERS, A., DICKINSON, R., DURBIDGE, T., KENNEDY, P., MCGUFFIE, K., AND PITMAN, A. 1993. Tropical deforestation : modeling local to regional-scale climate change. **Journal of Geophysical Research**, 98 :7289–7315.

HOFFMANN, W.; JACKSON, R. Vegetation-Climate Feedbacks in the conversion of Tropical Savanna to Grassland. American Meteorological Society - **Journal of Climate**, v. 13, n. May, p. 1593-1602, 2000.

HOREL, J., HAHMANN, A., AND GEISLER, J. 1989. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. **Journal of Climate**, 2 :1388–1403.

IPCC - FORSTER, P., V. RAMASWAMY, P. ARTAXO, T. BERNTSEN, R. BETTS, D.W. FAHEY, J. HAYWOOD, J. LEAN, D.C. LOWE, G. MYHRE, J. NGANGA, R. PRINN, G. RAGA, M. SCHULZ AND R. VAN DORLAND: **Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing**. In: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007.

JANZEN, D.H., 1967: Why mountain passes are higher in the tropics. **American Naturalist**, 101,

233–249.

JENSEN, J. **Sensoriamento remoto do meio ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

KAPOS, V., 1989: Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 5, 173–185.

KAPOS, V., G. GANADE, E. MATUSI, AND R.L. VICTORIA, 1993: Delta 13C as an indicator of edge effects in tropical rainforest reserves. *Journal of Climatology*.

KLINKERS, NICO NELISSEN; JAN VAN DER STRAATEN; LEON. **Classics in Environmental Studies: An Overview of Classics Texts in Environmental Studies.** Utrecht: International Books, 1997.

KODAMA, Y. 1992. Large-scale common features of subtropical precipitation zones the baiu frontal zona, the SPCZ and the SACZ. Part I : Characteristic of subtropical frontal zones. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70 :813–836.

KOUSKY, V., KAYANO, M., AND CAVALCANTI, I. 1984. **A review of the southern oscillation: oceanic, atmospheric circulation changes and related anomalies.** *Tellus*,36 :490–504.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos. RIMa, 2000. ISBN: 85-86553-03-8

LAURANCE , W. F., S.G. LAURANCE, AND P. DELAMONICA, 1998: Tropical forest fragmentation and greenhouse gas emissions. *Forest Ecology and Management*, 110(1–3), 173–180.

LAURANCE, W.F., 1998: A crisis in the making: responses of Amazonian forests to land-use and climate change. *Trends in Ecology and Evolution*, 13, 411–415.

LAURANCE, W.F., S.G. Laurance, L.V. Ferreira, J.M. Rankin-de-Merona, C. Gascon, and T.E. Lovejoy, 1997: Biomass collapse in Amazonian forest fragments. *Science*, 278, 1117–1118.

LEAN, J., C.B. BUNTON, C.A. NOBRE, AND P.R. ROWNTREE, 1996: The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics. In: **Amazonian Deforestation and Climate** [Gash, J.H.C., C.A. Nobre, J.M. Roberts, and R.L. Victoria (eds.)]. John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom, pp. 549–576

LEIBMANN, B., KILADIS, G., J., M., AMBRIZZI, T., AND J-D., G. 1999. Sub-monthly convective variability over South America and South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate*, 11 :2898–2909.

LIDERANÇA GLOBAL PARA A AÇÃO CLIMÁTICA. **Marco para um acordo pós 2012 referente à mudança climática. Plenarium Câmara dos Deputados.** Desafios do Clima. Brasília: 2008. 343

LOESCHER HW, GHOLZ HL, JACOBS JM, OBERBAUER SF. 2005. Energy dynamics and modeled evapotranspiration from a wet tropical forest in Costa Rica. *Journal of Hydrology* 315: 274–294.

LOVELOCK, J.E.; MARGULIS, L. (1974). "Atmospheric homeostasis by and for the biosphere-The Gaia hypothesis". *Tellus* 26 (1): 2–10

MAKARIEVA AM, GORSHKOV VG. 2007. Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences* 11: 1013–1033.

MAKARIEVA, A.M. et al. Precipitation on land versus distance from the ocean: Evidence for a forest pump of atmospheric moisture. *Ecol. Complex.*, 2009.

MARENGO , J. E C. NOBRE, 2000: The hydroclimatological framework in Amazonia. In: **Biogeochemia of Amazonia** [Richey, J., M. McClaine, and R. Victoria (eds.)]. Springer- Verlag, Berlin and Heidelberg, Germany, (in press).

MARENGO J, A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T.: **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI: Sumário Técnico** [online]. 26/04/2007. Avaliado da Internet: http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/.

MARENGO, J. 2004. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theoretical and applied climatology*, 78 :79–96.

MARENGO, J. AND J. ROGERS, 2000: **Cold front and polar air outbreaks in the Americas during modern climate assessments and impacts, and some past climate evidences.** In: *Present and Past Inter-Hemispheric Climate Linkages in the Americas and Their Societal Effects* [Margraf, V. (ed.)]. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg, Germany, (in press).

MARENGO, J., 1992: Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. *International Journal of Climatology*, 12, 853–863.

MARENGO, J., 1995: Variations and change in South American streamflow. *Climate Change*, 31, 99–117.

MARENGO, J., J. TOMASELLA, AND C. UVO, 1998: Long-term streamflow and rainfall fluctuations in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil and northwest Peru. *Journal of Geophysical Research*, 103, 1775–1783

MARENGO, J., NOBRE, C., TOMASELLA, J., OYAMA, M., DE OLIVEIRA, G., DE OLIVEIRA, R., CAMARGO, H., AND ALVES, L. 2008. The drought in Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, 21 :495–516.

MARENGO, J., SOARES, W, R., SAULO, C., AND NICOLINI, M. 2004. Climatology of the Low Level Jet East of the Andes as derived from the NCEP–NCAR reanalysis. Characteristics and temporal variability. *Journal of Climate*, 17 :2261–2280.

MARENGO, JOSÉ A. **Mudanças Climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI.** Brasília: MMA, 2006. 212

SEPLAN Anuário Estatístico de Mato Grosso – 2007. Vol. 29./ Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. – Cuiabá : SEPLAN-MT Carlini & Caniato, 2008. 762 p.

MCKNIGHT, TOM L; HESS, DARREL. “**Climate Zones and Types: The Köppen System**”, **Physical Geography: A Landscape Appreciation.** Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, pp. 200-1. 2000 ISBN 0-13-020263-0.

MCWILLIAM, A., L.C. ROBERTS, J.M. CABRAL, O.M.R. LEITÃO, M.V.B.R. DE COSTA, A.C.L. MAITELLI, AND C.A.G.P. ZAMPARONI, 1993: Leaf-area index and above-ground biomass of terra firme rain forest and adjacent clearings in Amazonia. *Functional Ecology*, 7(3), 310–317.

MEGGERS, B.J., 1994: Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia during the past two millennia. *Climatic Change*, 28 (1 – 2), 321 – 338 .

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo.** Editora Sulina. Primeira Edição. 2005.

NAKICENOVIC, N., J. ALCAMO, G. DAVIS, B. DE VRIES, J. FENHANN, S. GAFFIN, K. GREGORY, A. GRUBLER, T.Y. JUNG, T. KRAM, E.L. LA ROVERE, L. MICHAELIS, S. MORI, T. MORITA, W. PEPPER, H. PITCHER, L. PRICE, K. RAIHI, A. ROEHL, H.-H. ROGNER, A. SANKOVSKI, M. SCHLESINGER, P. SHUKLA, S. SMITH, R. SWART, S. VAN ROOIJEN, N. VICTOR, AND Z. DADI, 2000: **An overview of the scenario literature.** In: *Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

NEIL, ADGER ET AL. **Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Climate Change Impacts,**

Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. IPCC, 2007.

NEPSTAD, D., C.R. DE CARVALHO, E. DAVIDSON, P. JIPP, P. LEFEBVRE, G.H. NEGREIROS, E.D. DA SILVA, T. STONE, S. TRUMBORE, AND S. VIEIRA, 1994: The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature*, 372, 666–669.

NEPSTAD, D.C., A.A. ALENCAR, AND A.G. MOREIRA, 1999: **Flames in the Rain Forest: Origins, Impacts and Alternatives to Amazonian Fires** . World Bank, Brasília, Brazil.

NOBRE, CARLOS A.; NOBRE, ANTÔNIO D. **O balanço de carbono da Amazônia Brasileira.** Estudos Avançados 16 (45), 2002.

PASSOS, M. **BR-163 : de estrada dos colonos a corredor de exportação / Messias Modesto dos Passos ; com a colaboração de Gerd Kohlhepp.** Maringá : Editora Massoni, 2007.

PEEL, M. C. AND FINLAYSON, B. L. AND MCMAHON, T. A. "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification". *'Hydrol. Earth Syst. Sci.'* 11: 1633-1644. ISSN 1027-5606. 2007 (direct: Documento final.)

PELLEGRINO, G; ASSAD, E.; MARIN, F. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura Brasileira. Embrapa Informática Agropecuária. **Revista Multiciência.** Campinas. Edição no.8. Mudanças Climáticas. Maio, 2007.

POLCHER, J. AND LAVAL, K. 1994. A statistical study of the regional impact of deforestation on climate in the LMD GCM. *Climate Dynamics*, 10 :205–219.

RATISBONA, L. 1976. The climate of Brazil. *World survey of climatology. Elsevier Scientific Publishin Company. New York*, 12 :219–293.

REIS, E.J. AND S. MARGULIS, 1991: **Perspectivas Econômicas do Desflorestamento da Amazônia. Textos para Discussão** No. 215, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, Brazil, 47 pp. (in Portuguese).

REPÚBLICA, BRASIL. PRESIDÊNCIA DA. **Plano Amazônia Sustentável: diretrizes para o desenvolvimento sustentável pela Amazônia.** Brasília: MMA, 2008. 112

RICHEY, J., C. NOBRE, AND C. DESER, 1989: Amazon River discharge and climate variability: 1903 to 1985. *Science*, 246, 101–103.

RODRIGUES et al. Plenarium Câmara dos Deputados. **Desafios do Clima.** Brasília: 2008. 343

ROSOLEM, R., **O impacto do desmatamento no ciclo hidrológico: um estudo de caso para a rodovia Cuiabá-Santarém**, dissertação de mestrado defendida no dia 31/10/2005 na ESALQ/CENA; orientador: Humberto Ribeiro da Rocha.

SALATI E.; VOSE P. Amazon Basin: A system in equilibrium. *Science*, v. 225, n. 4658, July 1984.

SALATI, E.; MARQUES, J.; MOLION, C. Origem e Distribuição das chuvas na Amazônia. *Interciência*, v. 3, n. 4, 1978.

SAULO, A., NICOLINI, M., AND CHOU, S. 2000. Model characterization of the South American low-level flow during the 1997-1998 spring–summer season. *Climate Dynamics*, 16 :867–881.

SCHUBART, H.O.R., W.J. JUNK, AND M. PETRERE JR., 1976: Sumário de ecologia Amazônica. *Ciência e Cultura*, 28(5), 507–509 (in Spanish).

SHEIL, DOUGLAS; MURDIYARSO, DANIEL. How Forests Attract Rain: An Examination of a New Hypothesis. *BioScience*, v. 59, n. 4, p. 341-347, 2009. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1525/bio.2009.59.4.12> >.

SHUKLA, J., C. NOBRE, AND P. SELLERS, 1990: Amazon deforestation and climate change. **Science**, 247, 1322–1325.

SHUKLA, J., NOBRE, C., AND SELLERS, P. 1990. Amazon deforestation and climate change. **Science**, 247 :1322–1325.

SIQUEIRA, O.; STEINMETZ, S.; FERREIRA, M.; COSTA, A.; WOZNIAK, M. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2.pg 311-320, 2000.

SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. Lisboa: IST Press - Instituto Superior Técnico, 2000. 206 p.

"SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

TALBOT, R.W., M.O. ANDREAE, H. BERRESHEIM, P. ARTAXO, M. GARSTANG, R.C. HARRISS, K.M. BEECHER, AND S.M. LI, 1990: Aerosol chemistry during the wet season in Central Amazonia: the influence of long-range transport. **Journal of Geophysical Research (Atmospheres)**, 95, 16955–16969.

TAVARES et al. **Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará**, Brasil. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 62(2): 227-236, abr. jun. 2009.

THEODORO, S. **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006. 2a edição.

TIAN, H., J.M. MELLILO, D.W. KICKLIGHTER, A.D. MCGUIRE, J.V.K. HELFRICH III, B. MOORE III, AND C. V Ö R Ö S M A R T Y, 1998: Effect of interannual climate variability on carbon storage in Amazonian ecosystems. **Nature**, 396, 664–667.

TIMMERMANN, A., 1999: Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. **Nature**, 398, 694–696.

UHL, C. AND J.B. KAUFFMAN, 1990: Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. **Ecology**, 71(2), 437–449.

UHL, C. AND R. BUSCHBACHER, 1985: A disturbing synergism between cattle-ranch burning practices and selective tree harvesting in the eastern Amazon. **Biotropica**, 17(4), 265–268.

UVO, C., 1998: **Influence of Sea Surface Temperature on Rainfall and Runoff in Northeastern South America: Analysis and Modelling**. Diss. Department of Water Resources Engineering, Lund University, Lund, Sweden, 120 pp.

VERA, C., HIGGINS, W., AMADOR, J., AMBRIZZI, T., GARREAUD, R., GOCHIN, D., GUTZLER, D., LETTENMAIER, D., MARENGO, J., MECHOSO, C., NOGUES-PAEGLE, J., SILVA DIAZ, P.-L., AND ZHANG, C. 2006. Towards a unified view of the American Monsoon System. **Journal of Climate**, 19 :4977–5000.

VICTORIA, R., L. MATINELLI, J. MORAES, M. BALLESTER, A. KRUSCHE, G. PELLEGRINO, R. ALMEIDA, AND J. RICHEY, 1998: Surface air temperature variations in the Amazon region and its border during this century. **Journal of Climate**, 11, 1105–1110.

ViLLAR, J. **Impact de la variabilité climatique sur l'hydrologie du bassin amazonien**. These de Doctorat. Université Paris 6. École doctorale "Sciences de L'Environnement d'Ile -de-France". Avril 2009.

WALKER, G.K., Y.C. SUD, AND R. ATLAS, 1995: Impact of the ongoing Amazonian deforestation on local precipitation: a GCM study. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 26(3), 346–361.

WANG et al. Impact of Deforestation in the Amazon basin on cloud climate. **Department of Civil and Environmental Engineering**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

WCED, World Commission on Environment and Development, . **Our common future** (The Brundtland Report). Oxford University Press, Oxford. 1987

WEBB TJ, WOODWARD FI, HANNAH L, GASTON KJ. 2005. Forest cover-rainfall relationships in a biodiversity hotspot: The Atlantic Forest of Brazil. **Ecological Applications** 15: 1968–1983. York, NY, USA, pp. 77-102.

ZENG, N., YOON, J., MARENGO, J., SUBRAMANIAM, A., NOBRE, C., MARIOTTI, A., AND NEELIN, J. 2008. Causes and impact of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, 3 :99pp.

ZHOU, J. AND LAU, K. 2001. Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America. **International Journal of Climatology**, 21 :1623–1644.

ZUIDEMA, G., G.J. VAN DEN BORN, J. ALCAMO, AND G.J.J. KREILEMAN, 1994: Simulating changes in global land cover as affected by economic and climatic factors. **Water, Air, and Soil Pollution**, 76(1–2), 163–198

SITES CONSULTADOS

ANA: www.ana.gov.br

CPTEC: <http://www7.cptec.inpe.br/>

DEGRAD : <http://www.obt.inpe.br/degrad/>

DETER : <http://www.obt.inpe.br/deter/>

EMBRAPA: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>

EPAGRI/CIRAM JULHO 2009:

<http://ciram.epagri.sc.gov.br/portal/website/index.jsp?url=jsp/clima/impactBrasil.jsp&tipo=clima>

ETCCDI/CRD CLIMATE CHANGE INDICES: <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>

IBAMA/INDICAR : www.ibama.gov.br/indicar

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística): www.ibge.gov.br/home (acessado em 7 de maio, 2008).

INMET: <http://www.inmet.gov.br/>

INPE: <http://www.inpe.br/>

PRODES : <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>

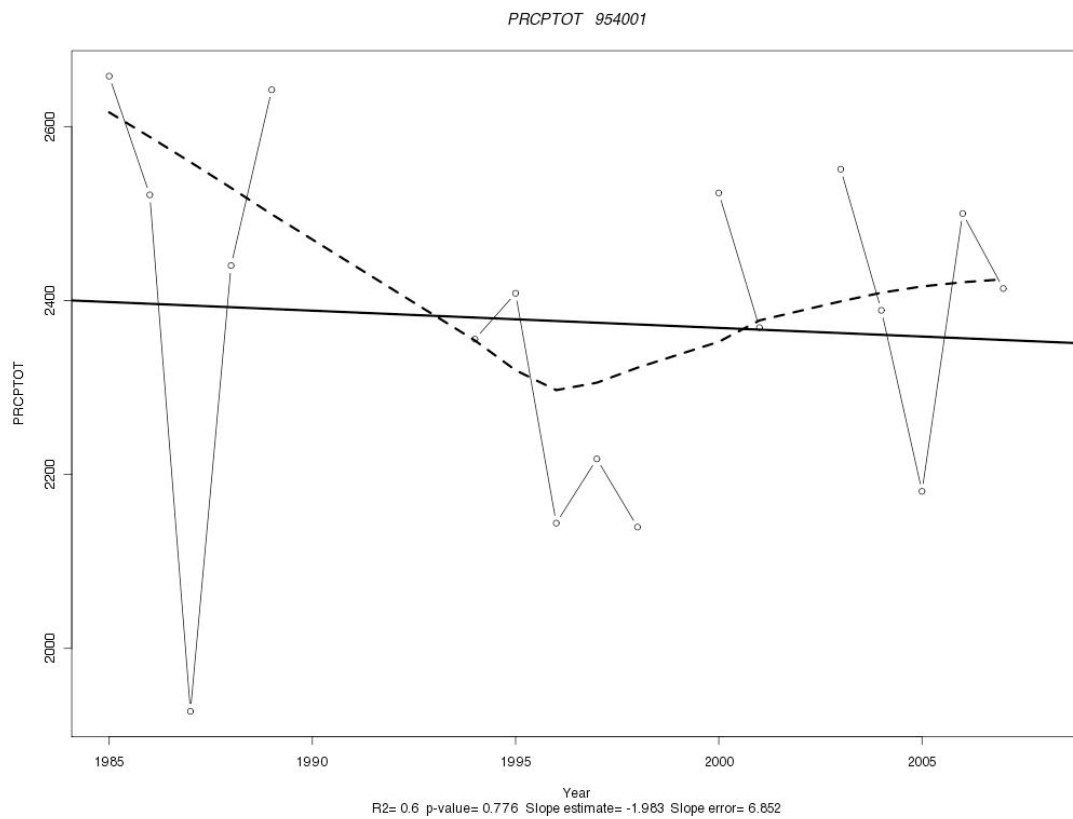
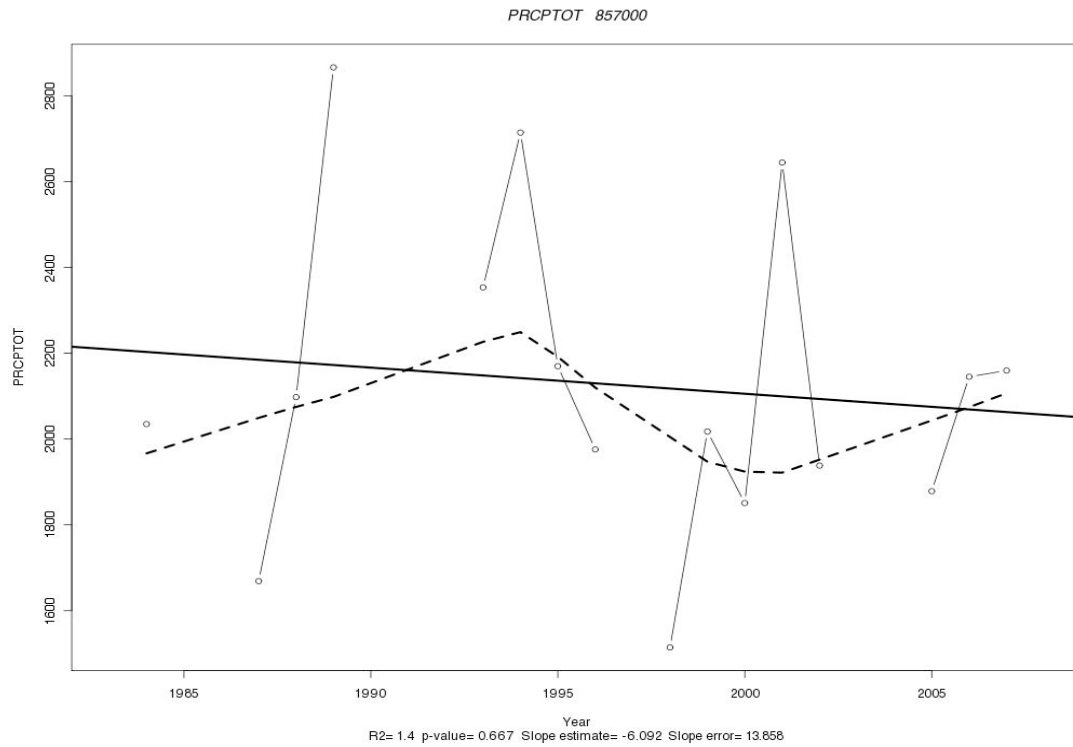
RIOS VOADORES: <http://www.riosvoadores.com.br/>

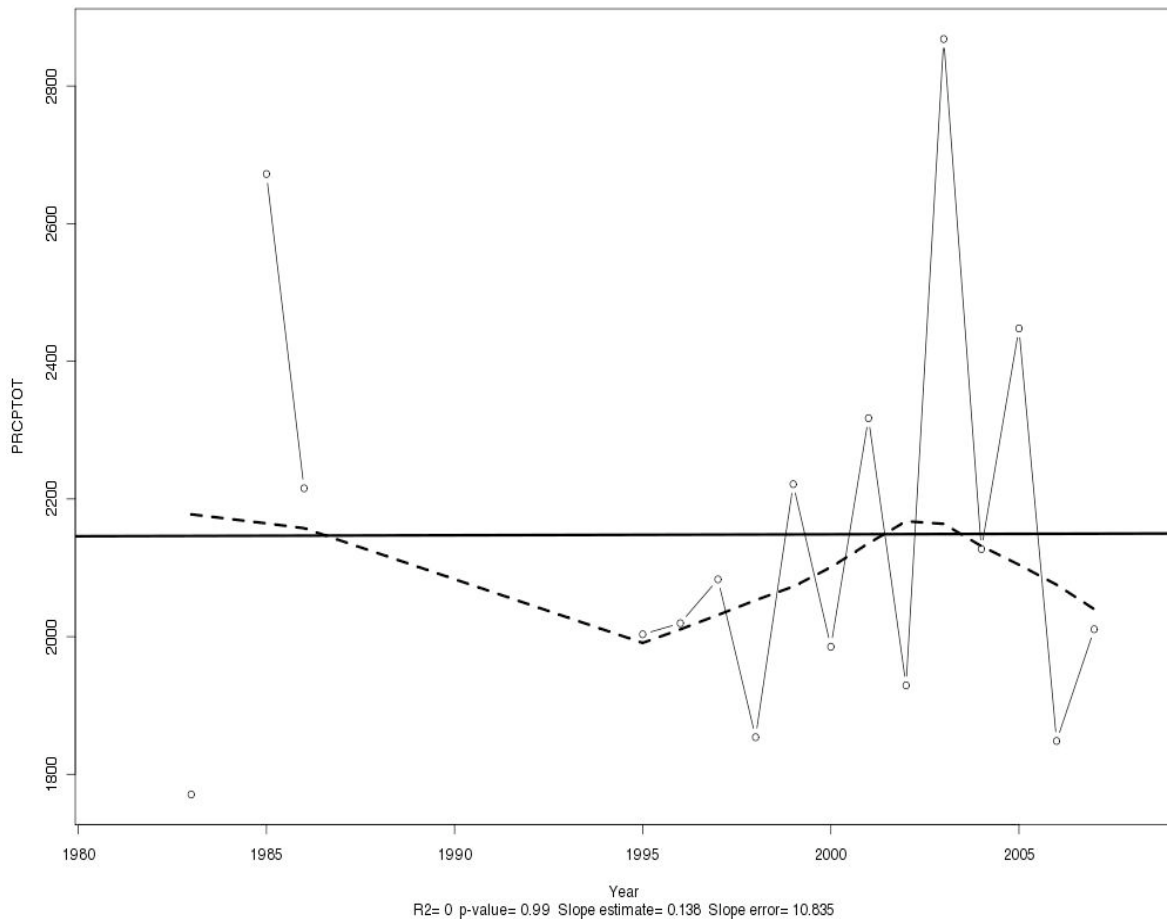
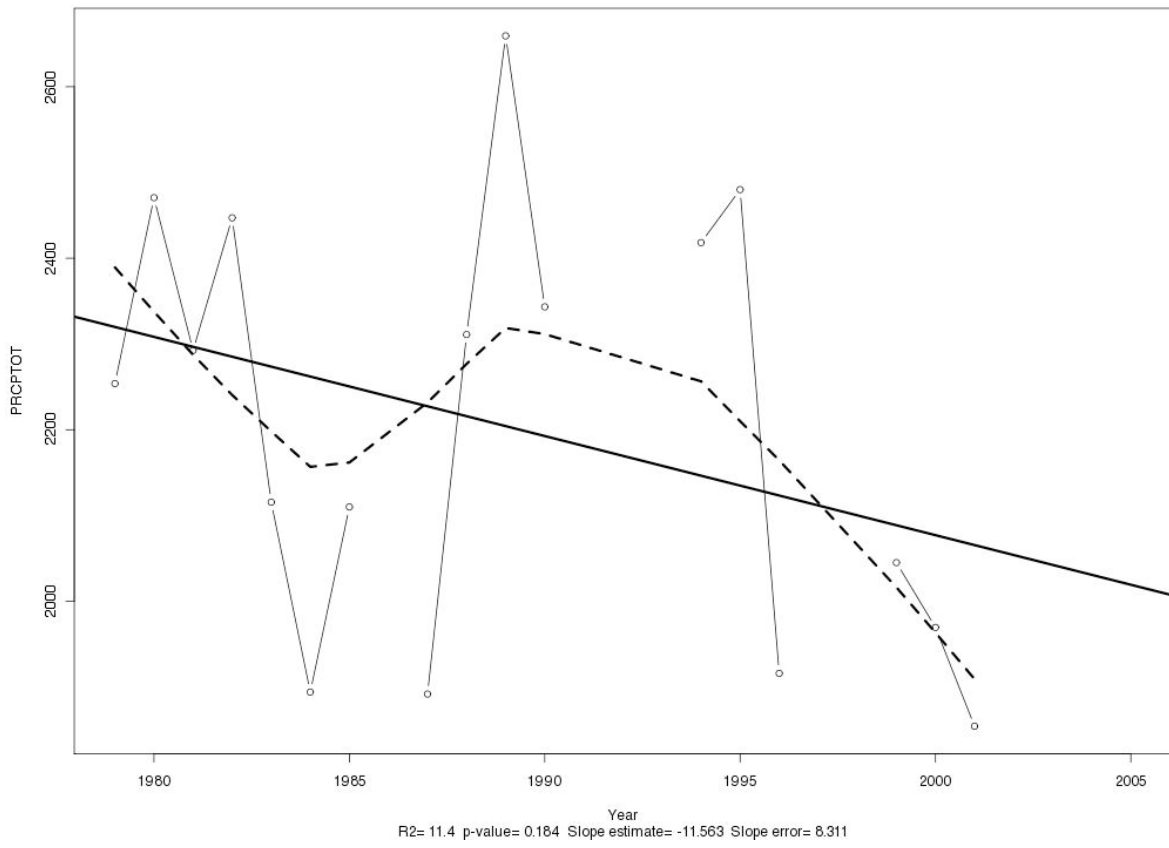
RREMADES :<http://www.remade.com.br/br/noticia.php?num=6024&title=Governo%20compra%20imagens%20de%20sat%C3%A9lite%20que%20v%C3%AA%20atrav%C3%AAs%20de%20nuvens>

SIPAM : www.sipam.gov.br

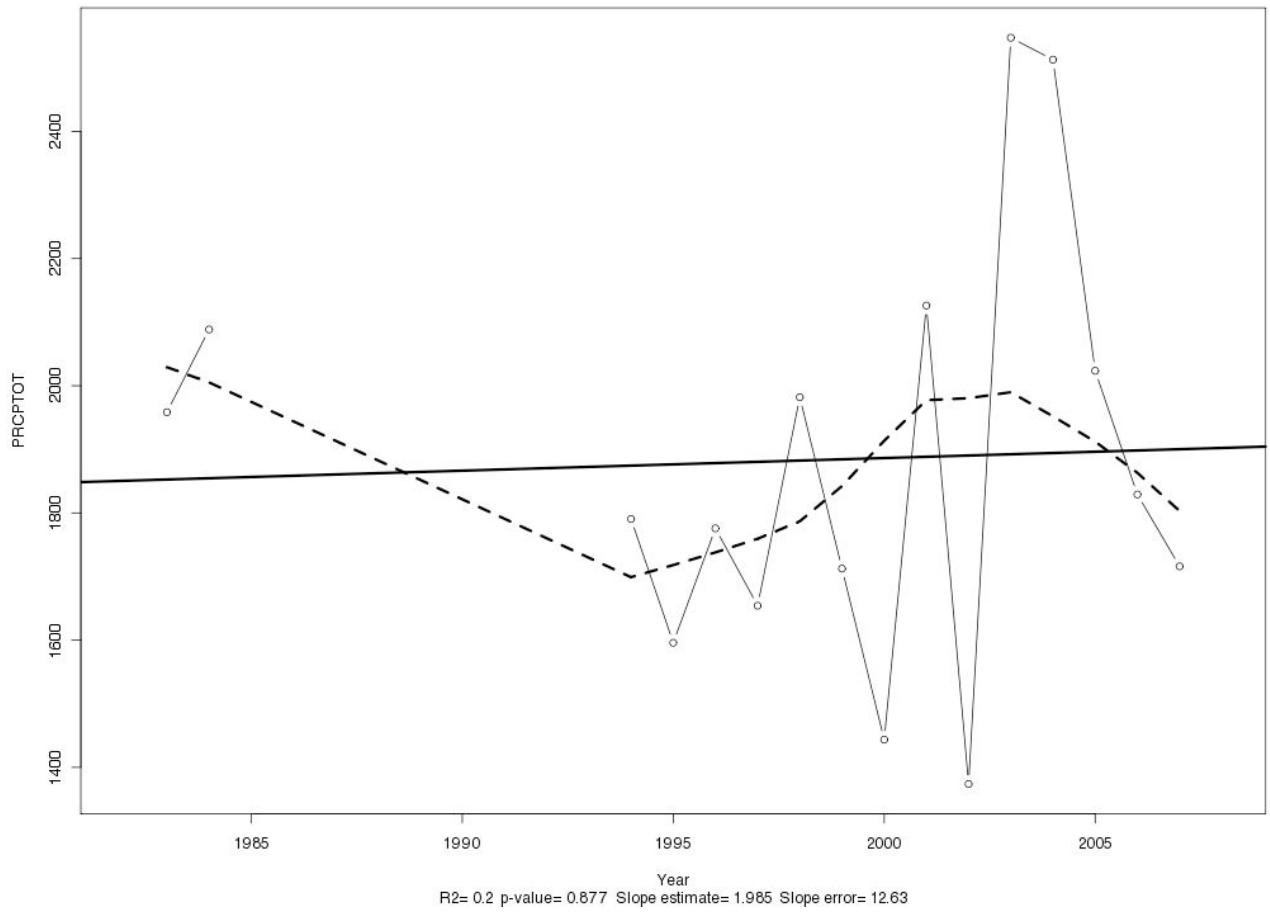
ANEXO I

1 Gráficos dos dados brutos diários da precipitação total (anual) das estações pluviométricas do estudo de caso. Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas). Dados tratados no programa RCLIMDEX 1.0.

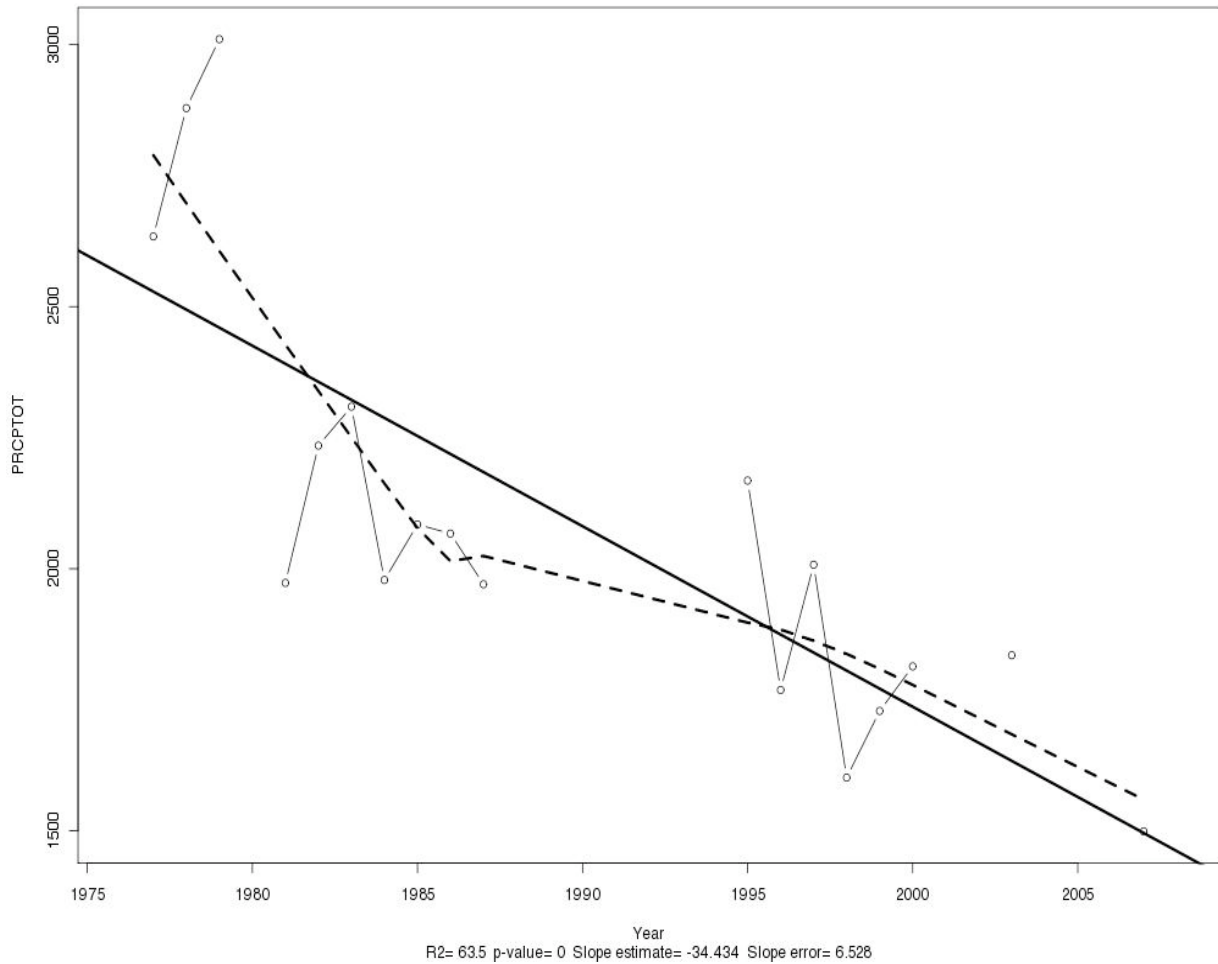




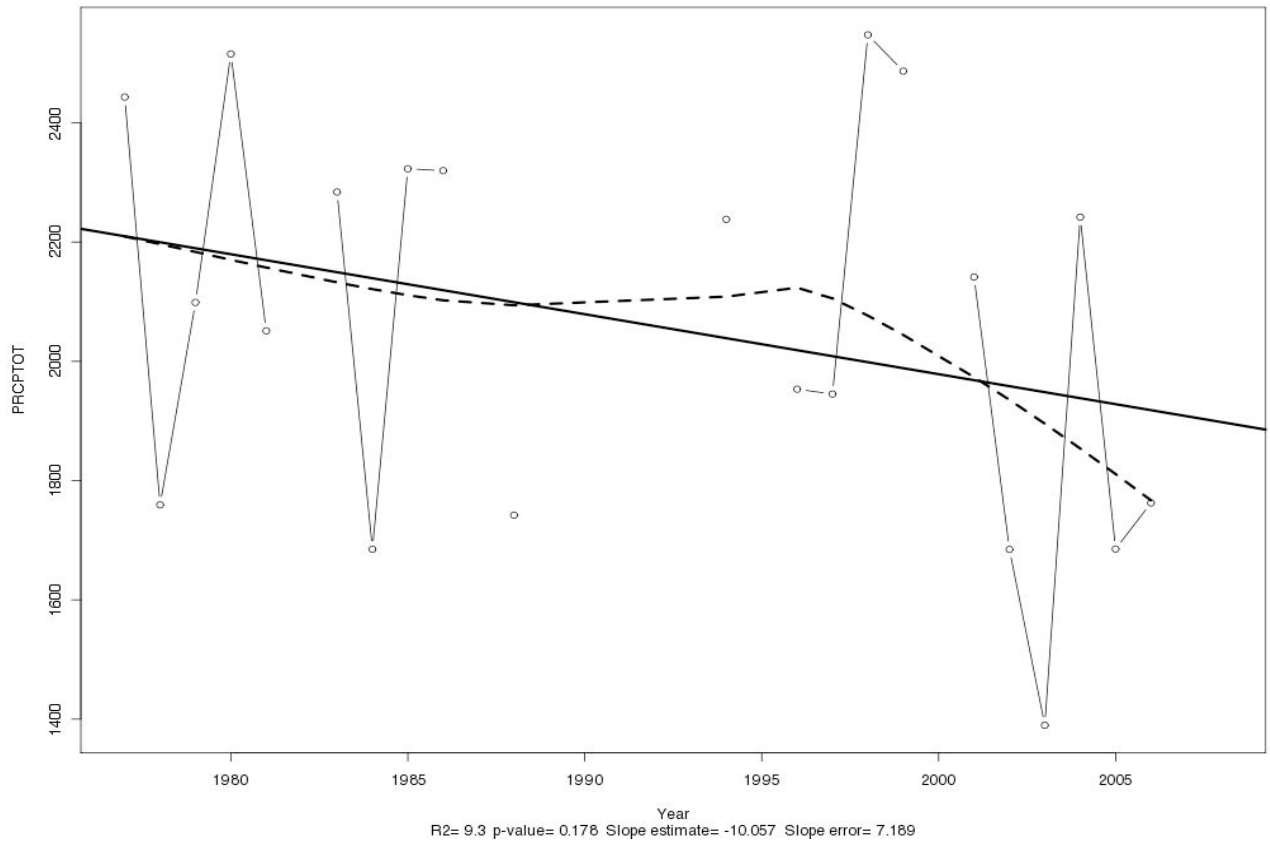
PRCPTOT 957001



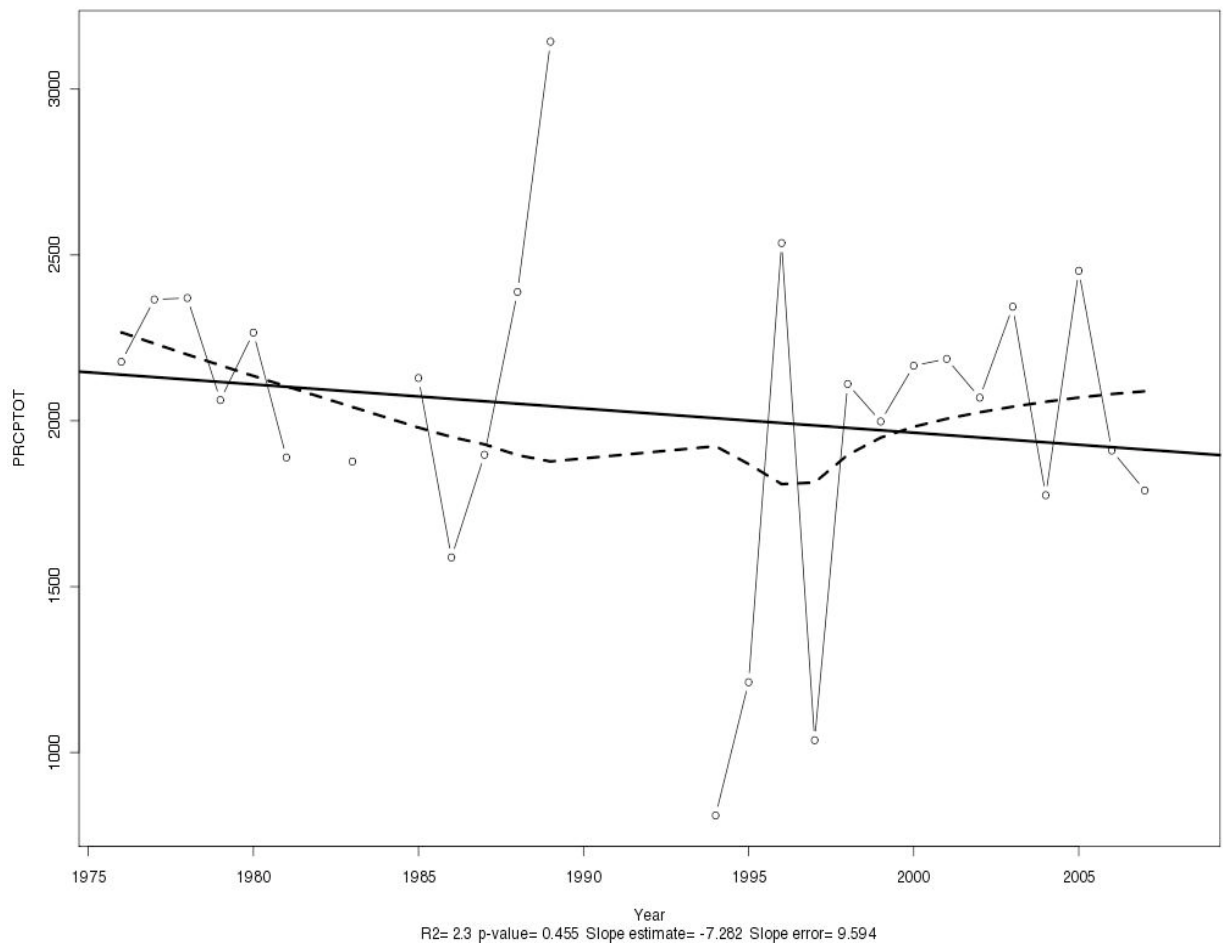
PRCPTOT 1053001



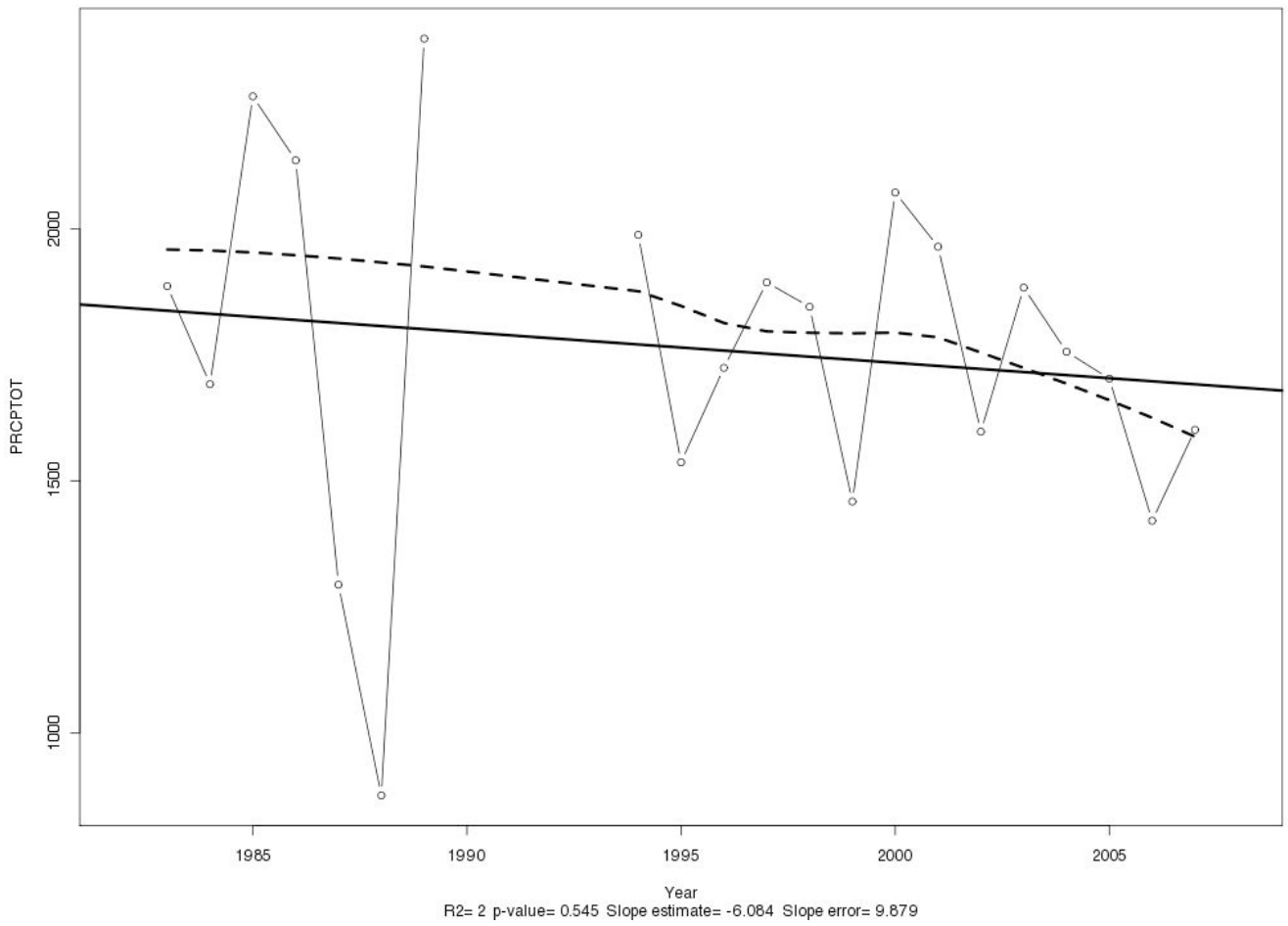
PRCPTOT 1054000



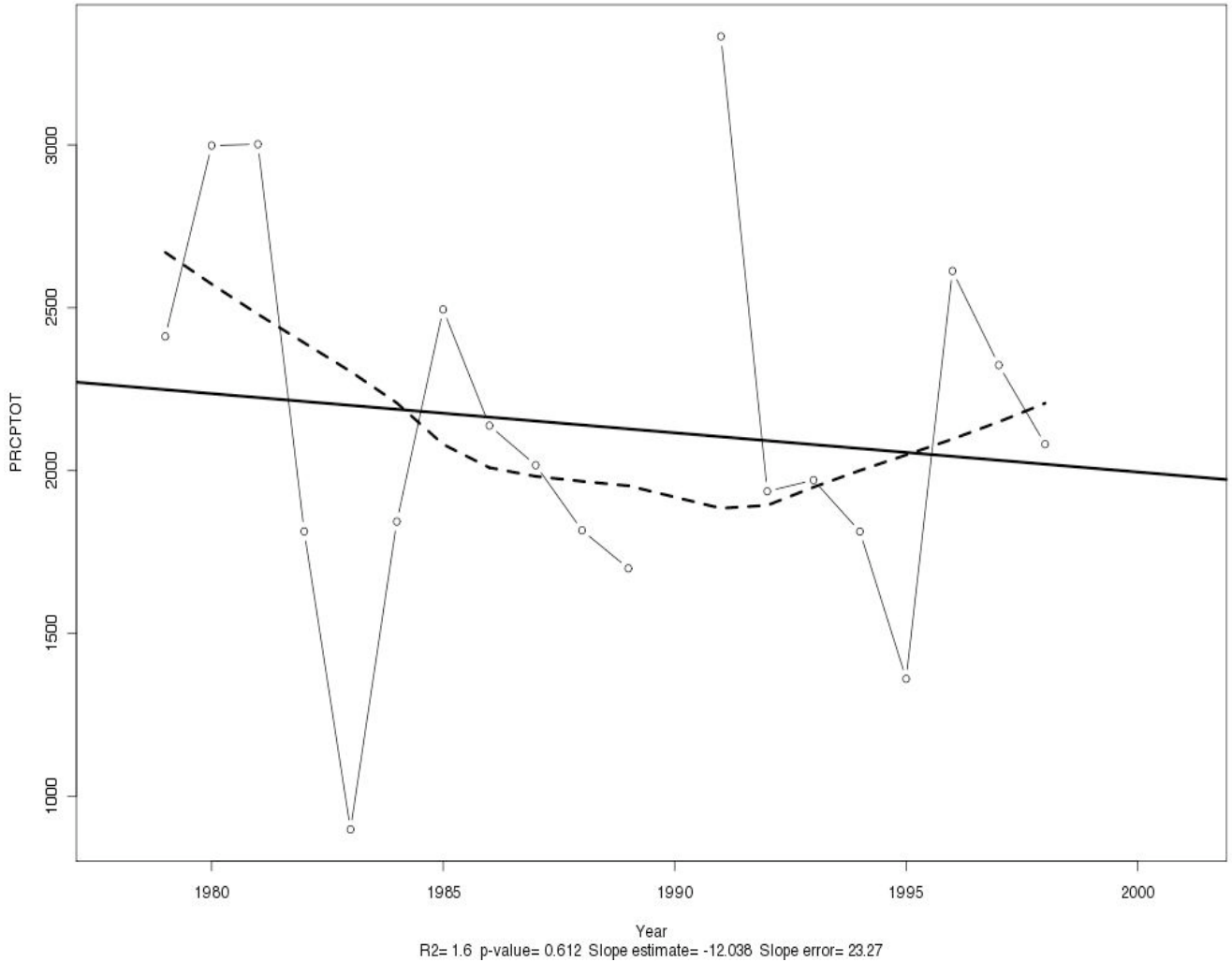
PRCPTOT 1055001



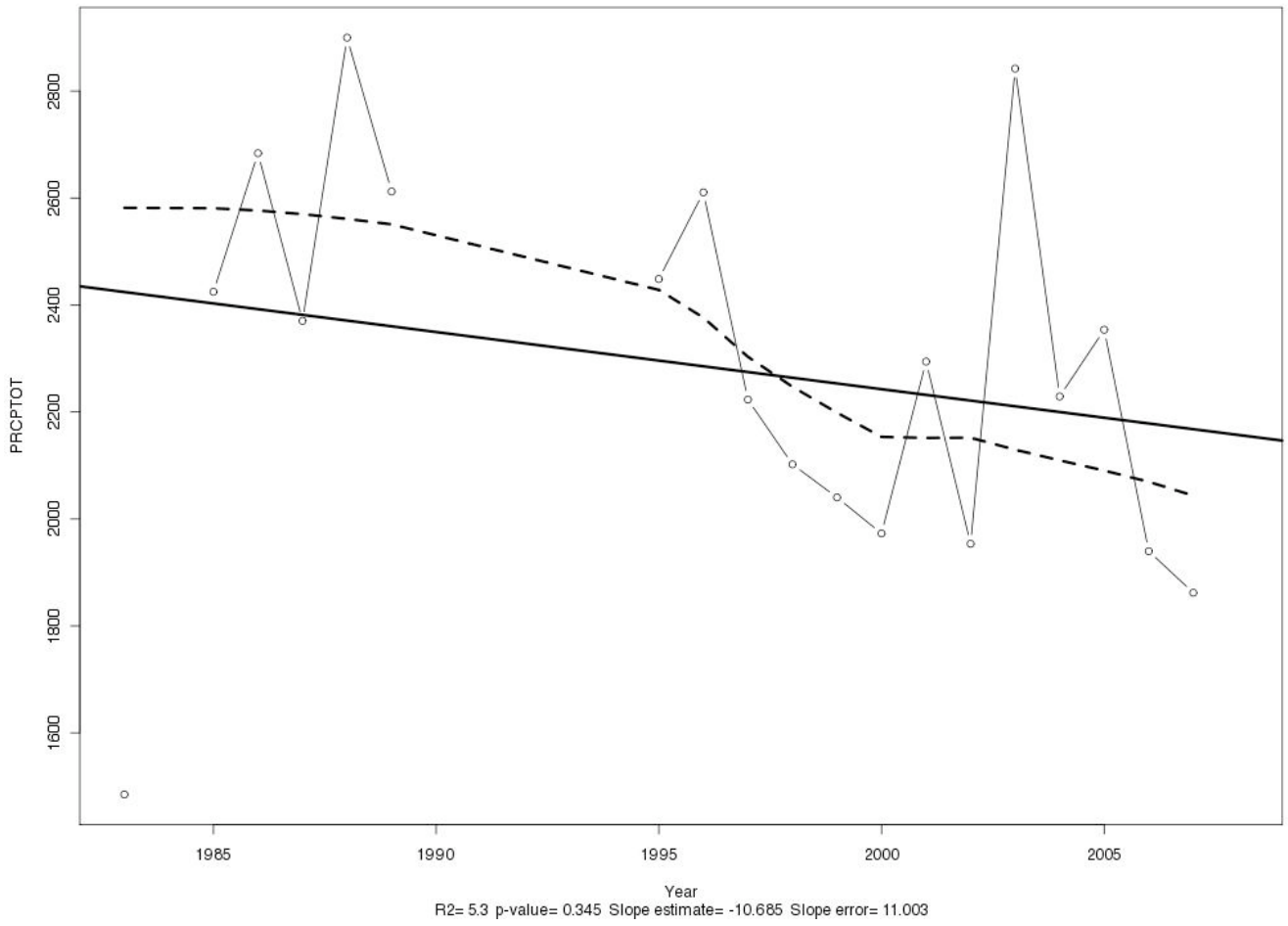
PRCPTOT 1055002



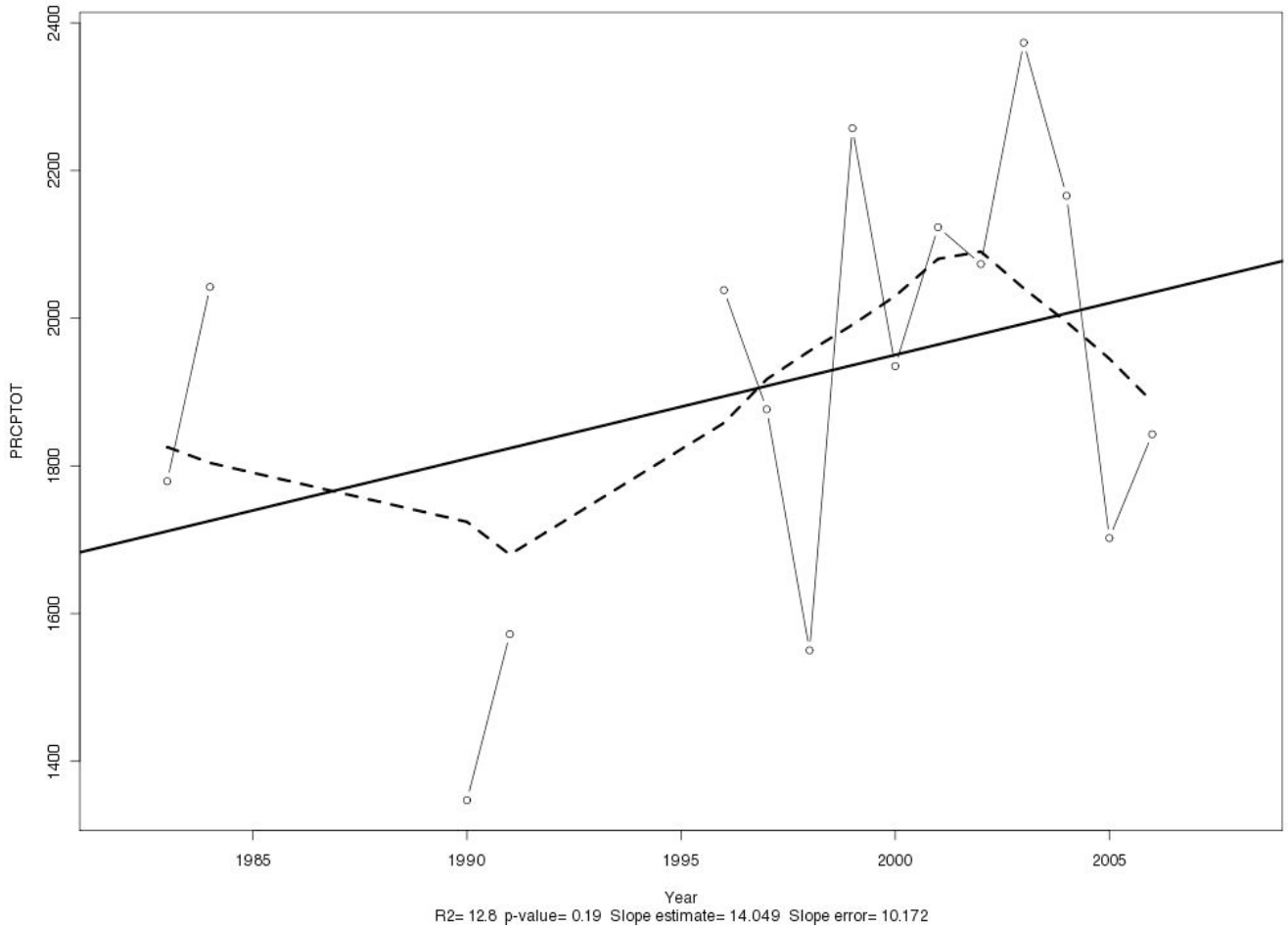
PRCPTOT 1057000



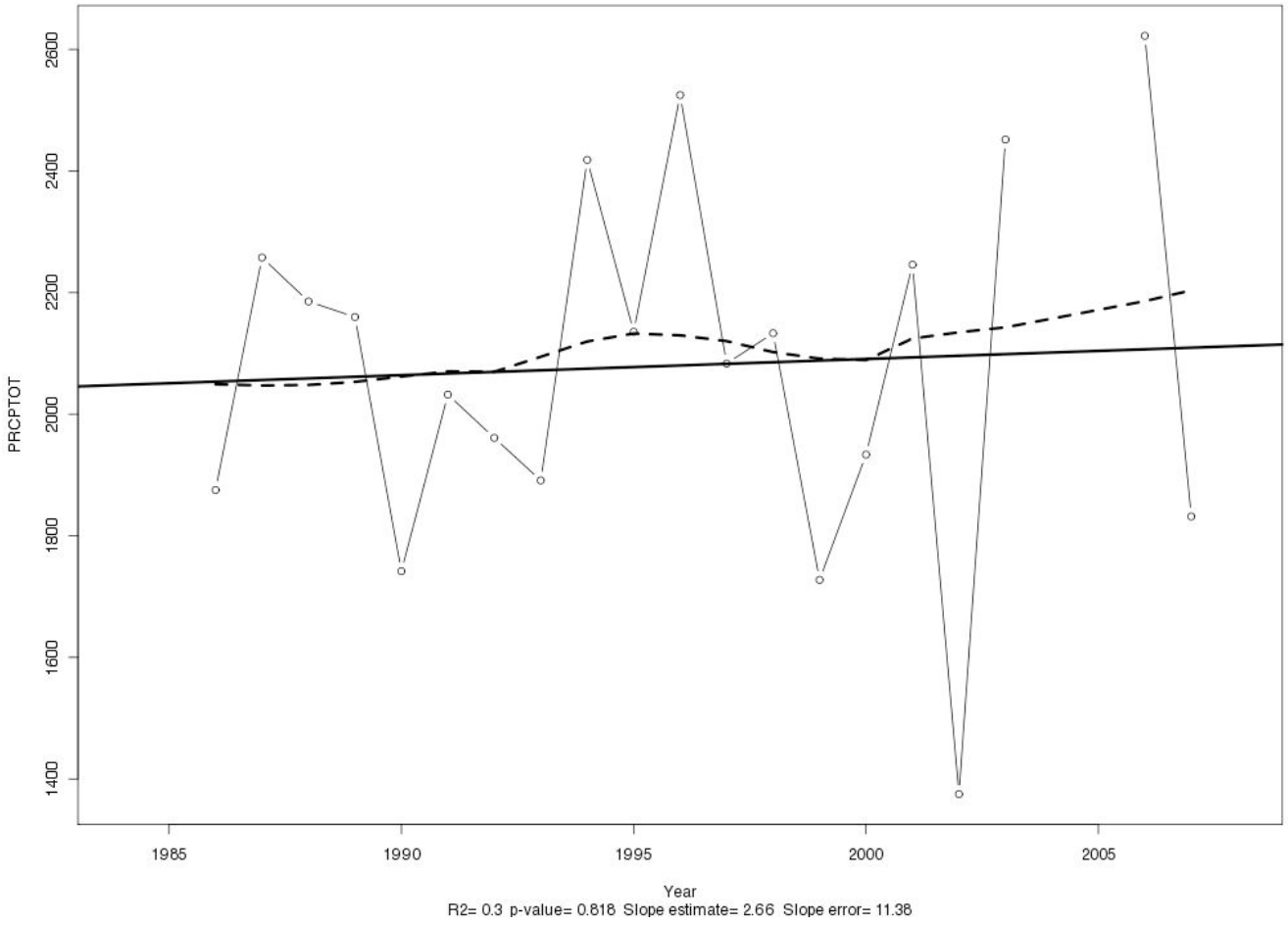
PRCPTOT 1057001



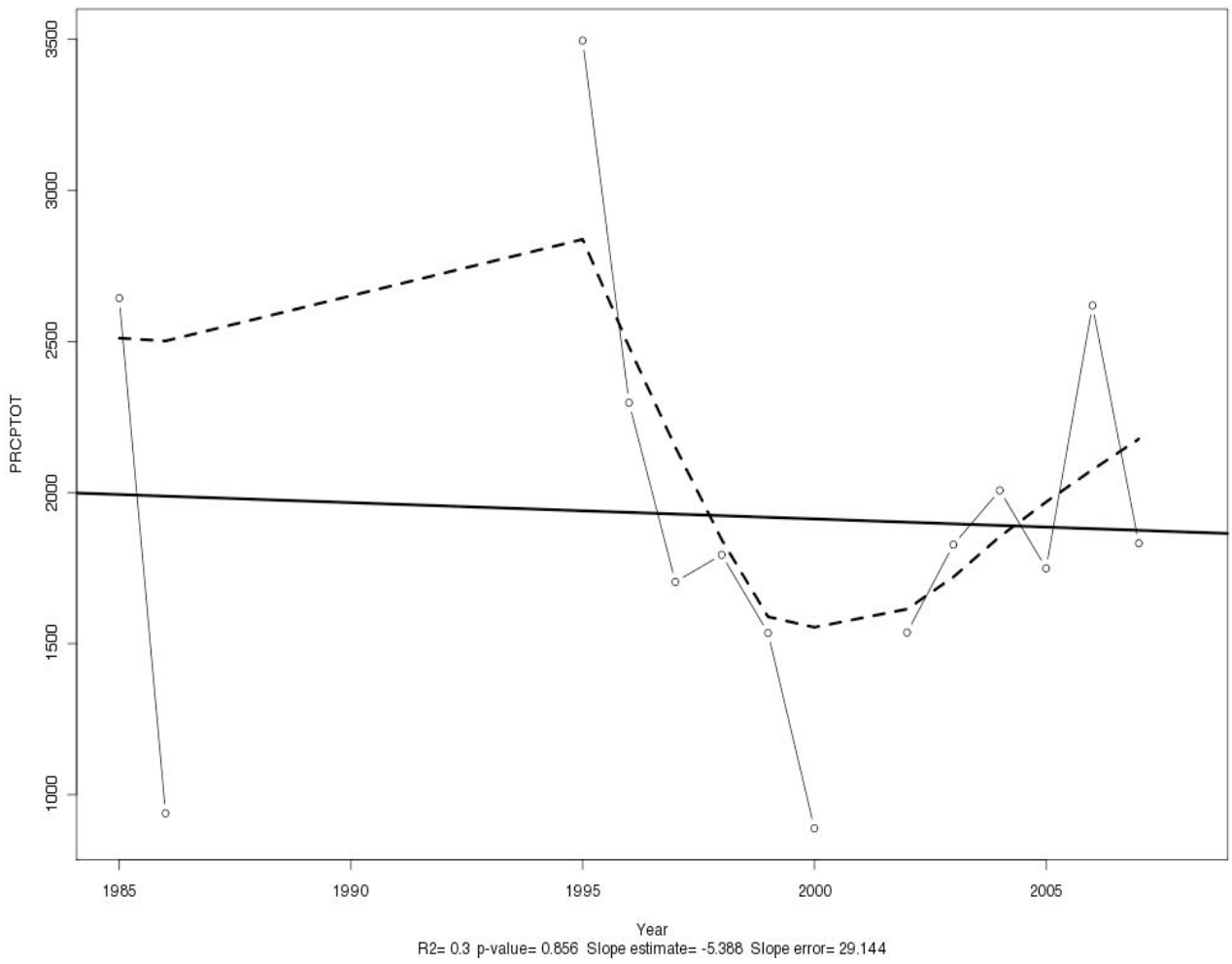
PRCPTOT 1058002



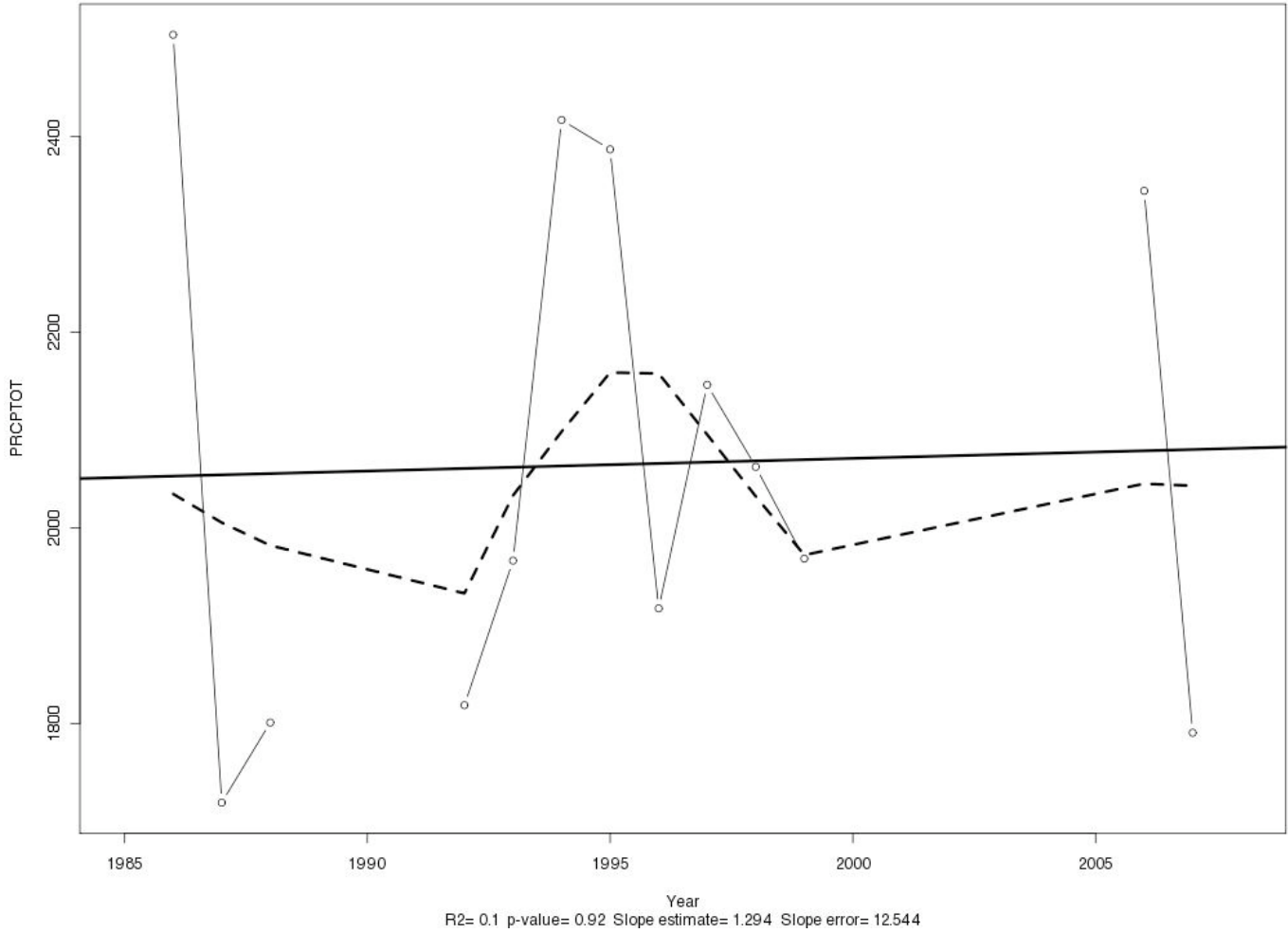
PRCPTOT 1058003



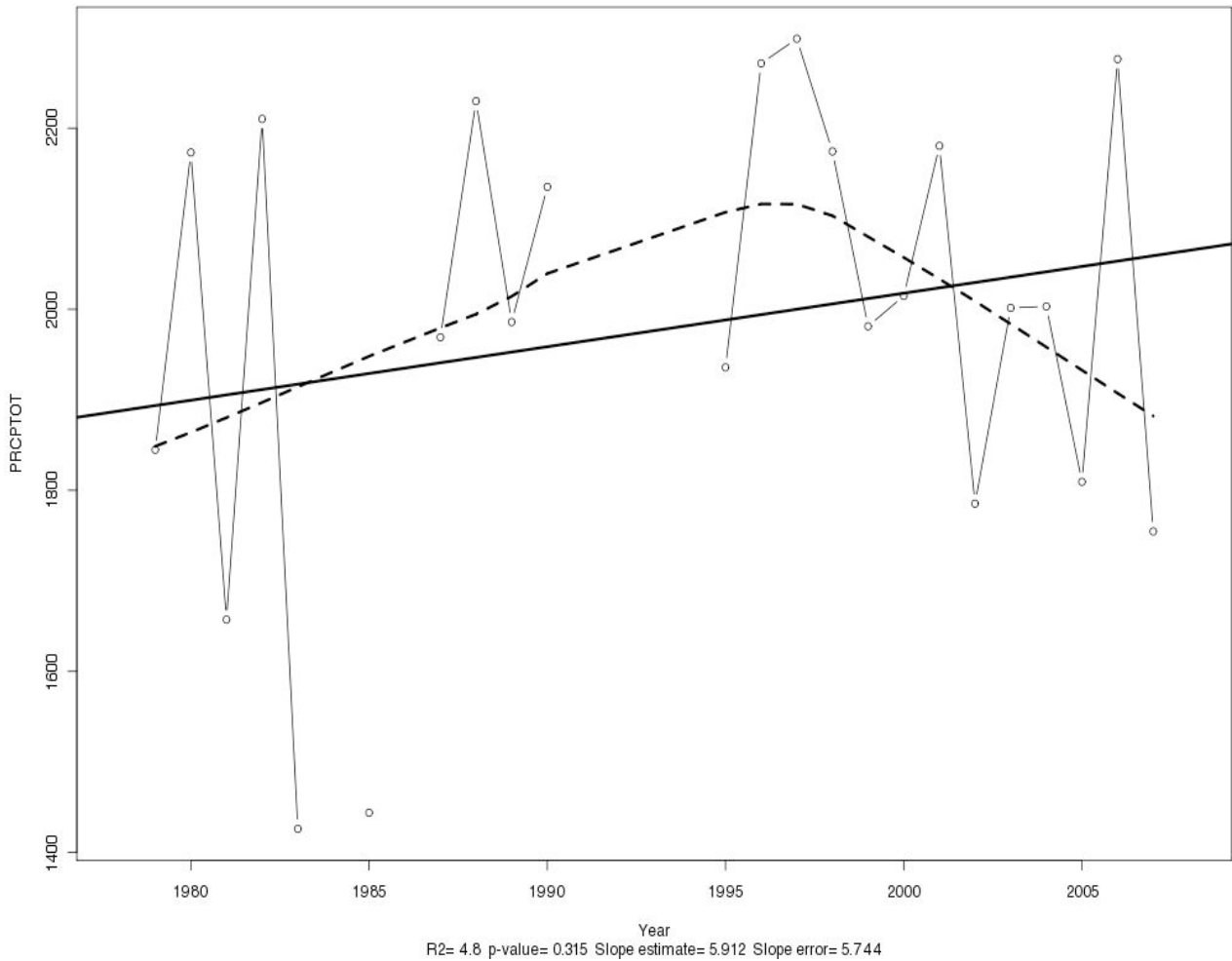
PRCPTOT 1058004

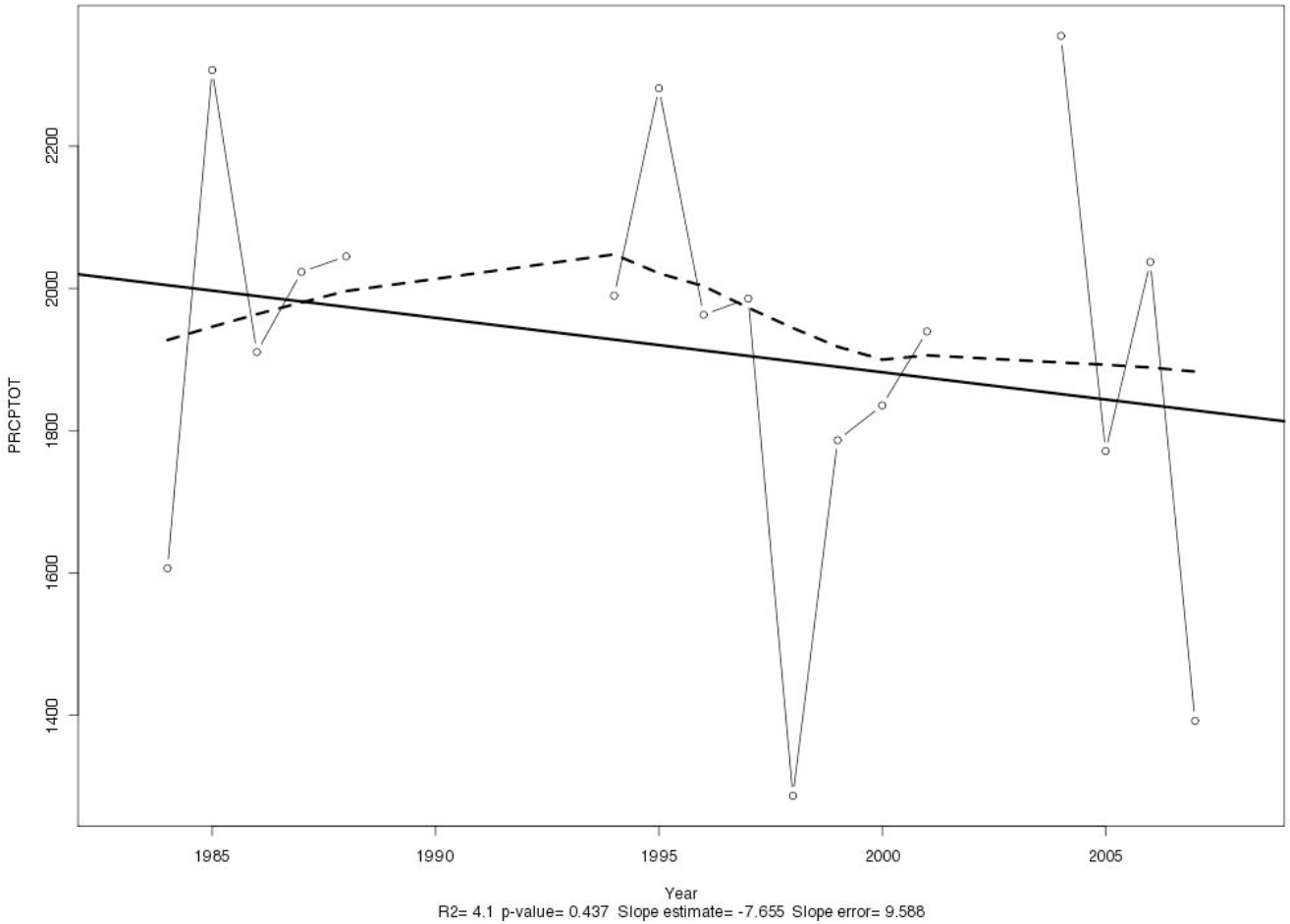
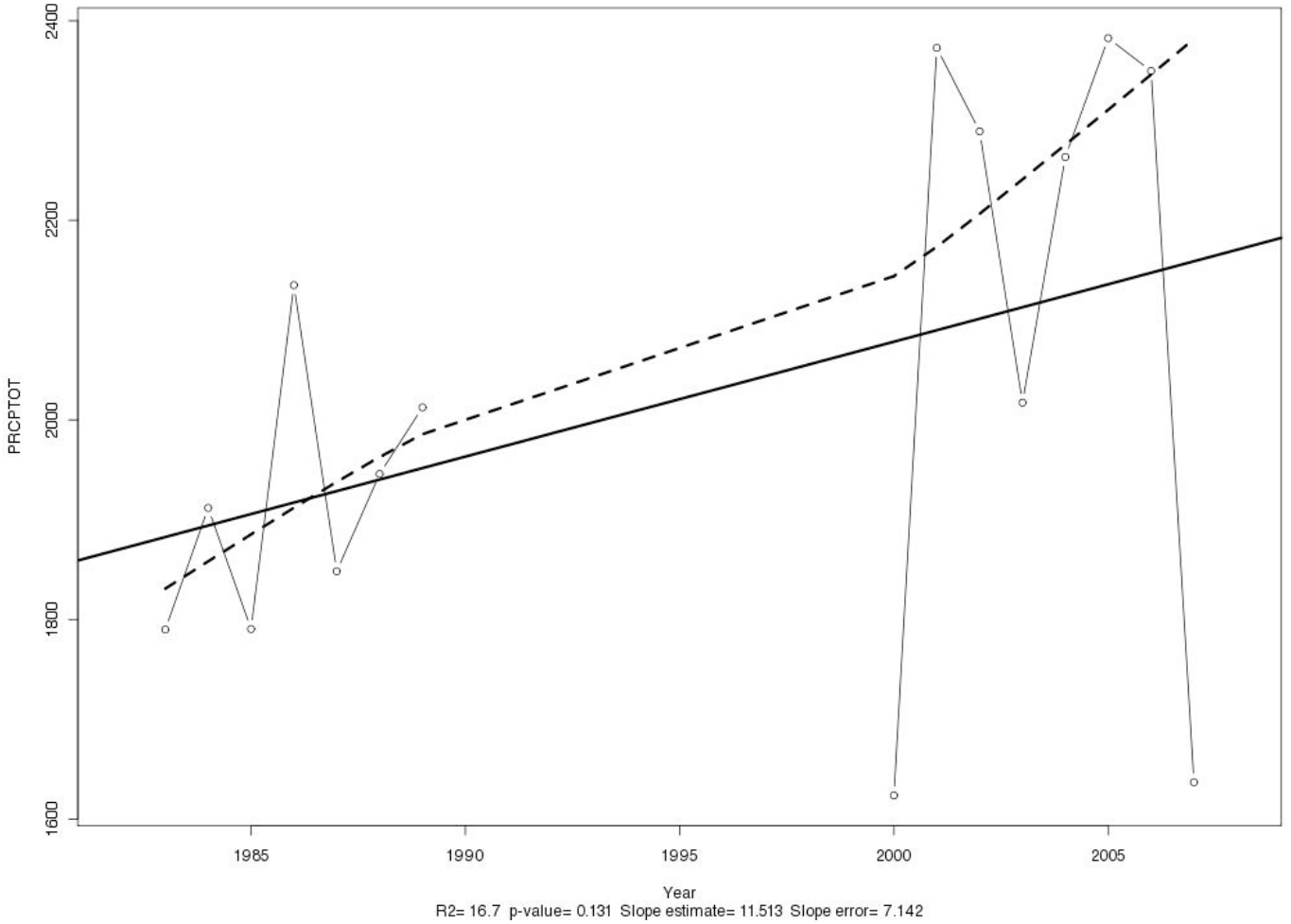


PRCPTOT 1058005

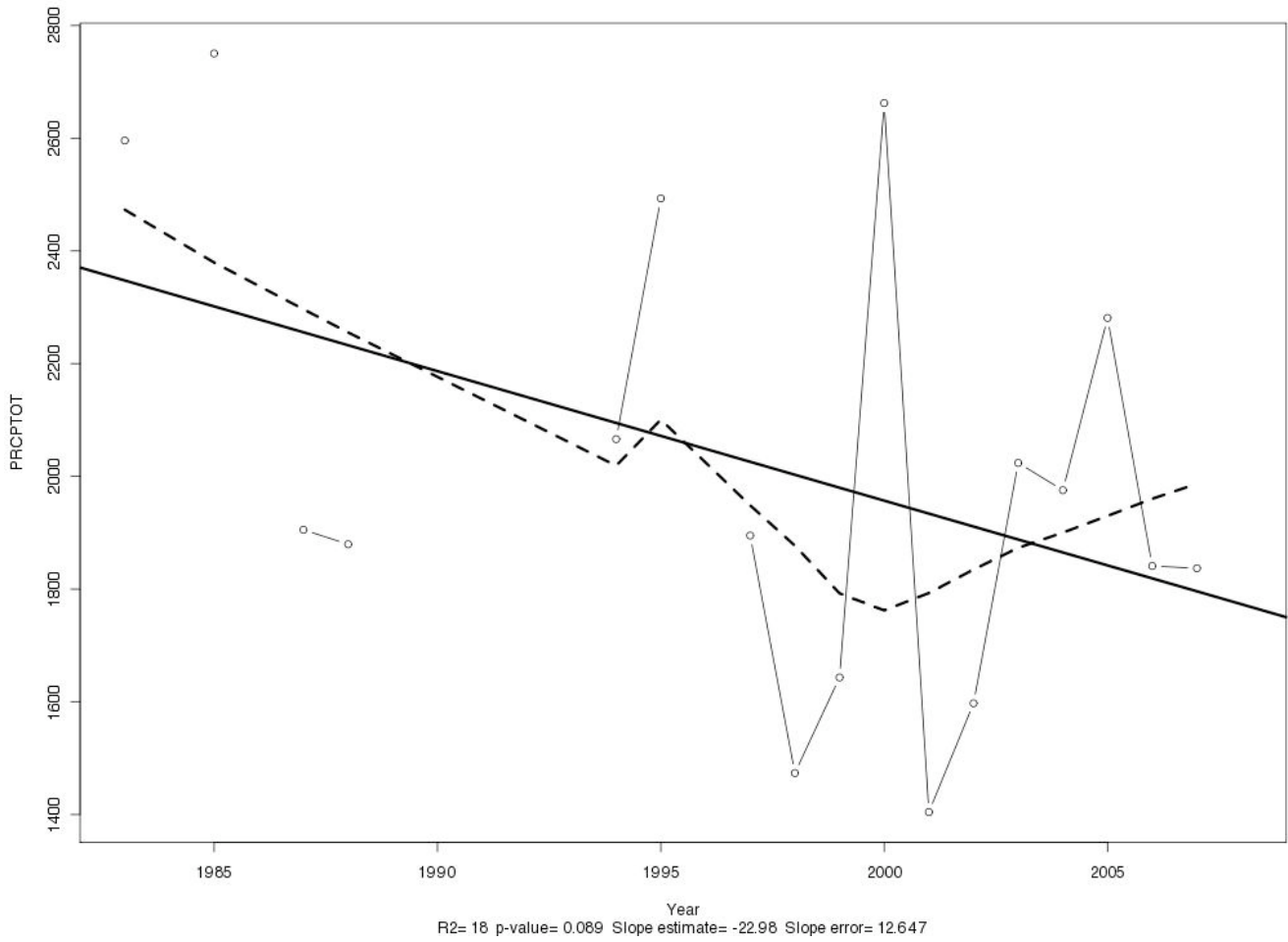


PRCPTOT 1059000

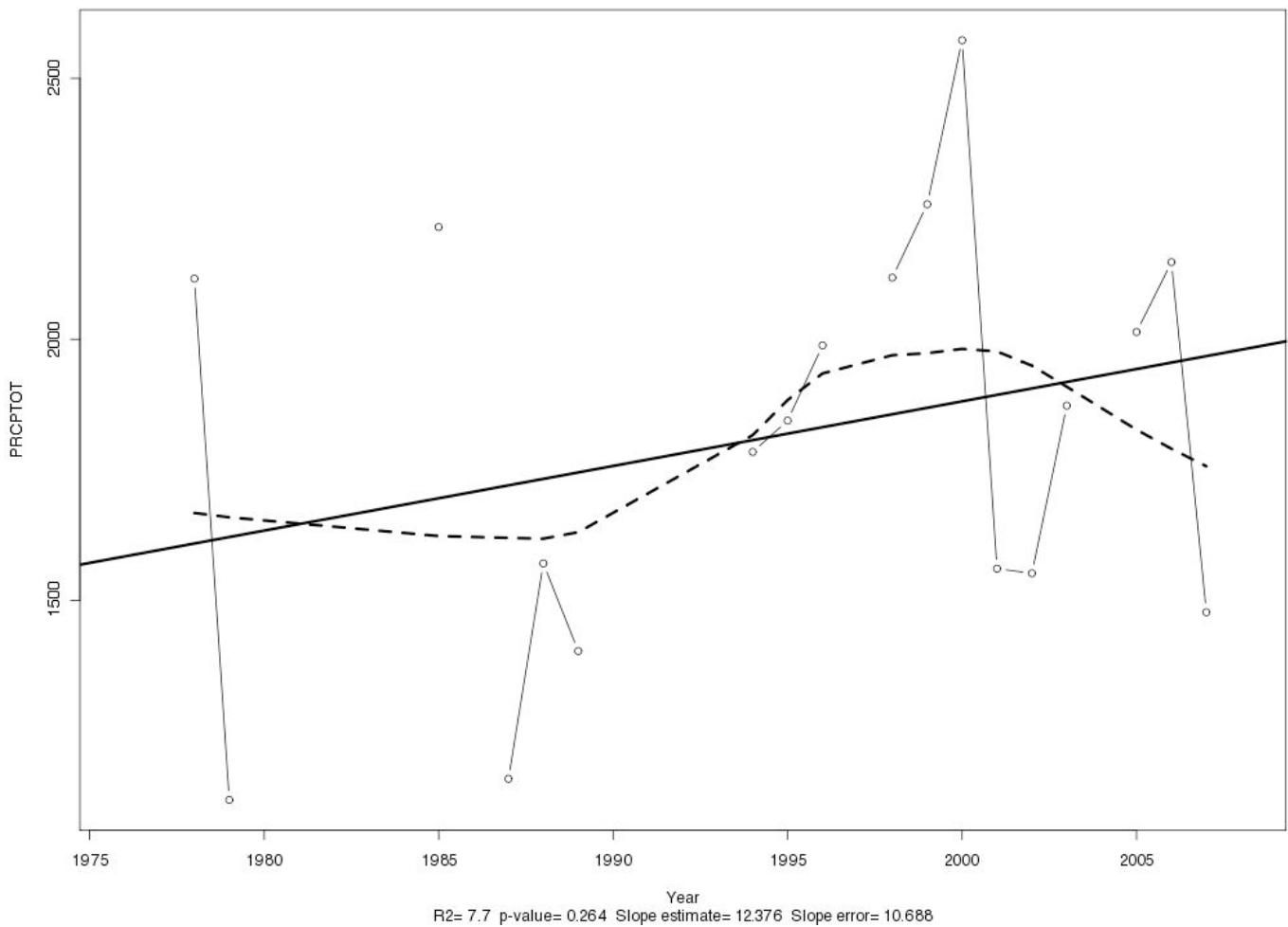




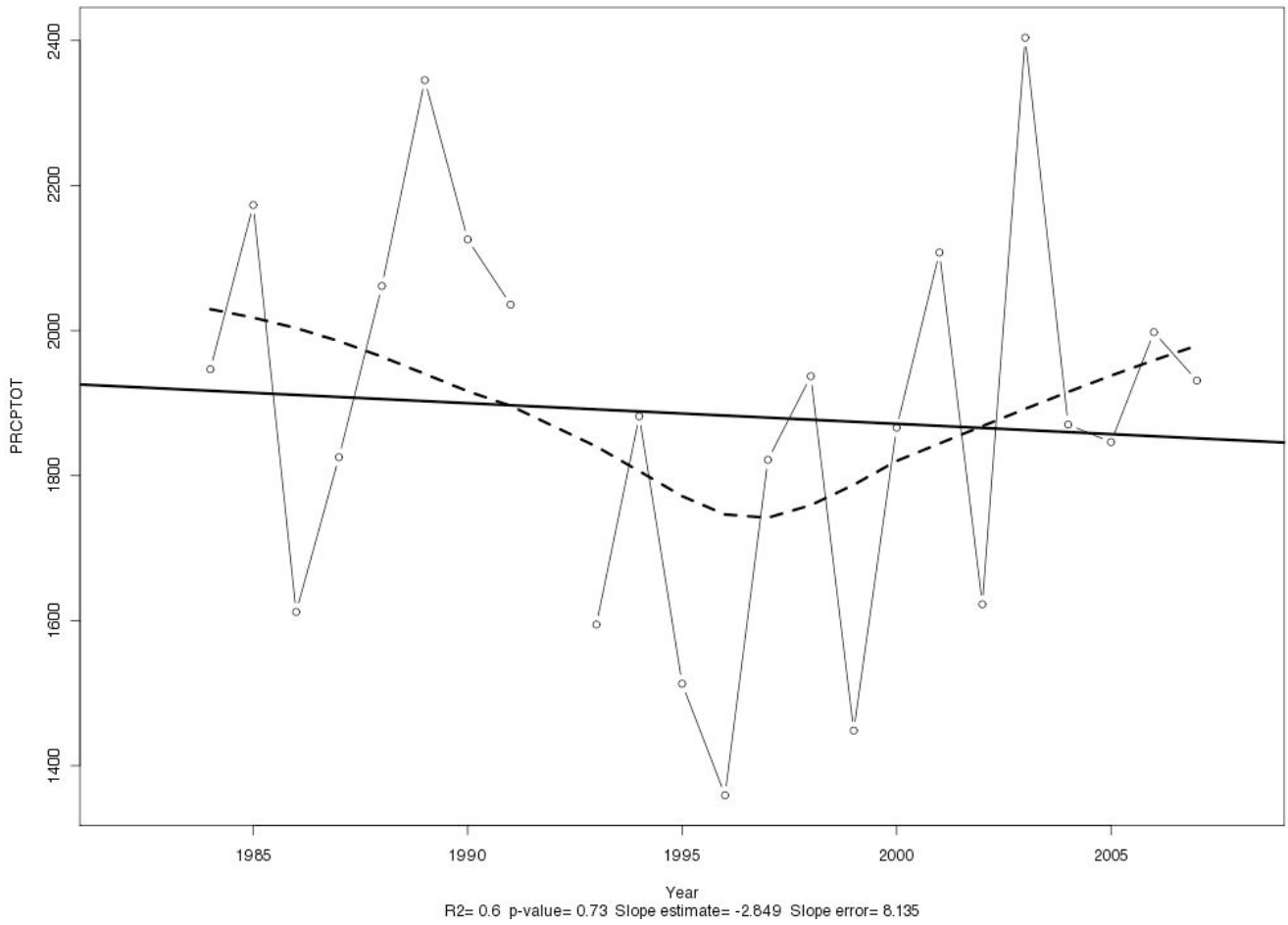
PRCPTOT 1154001



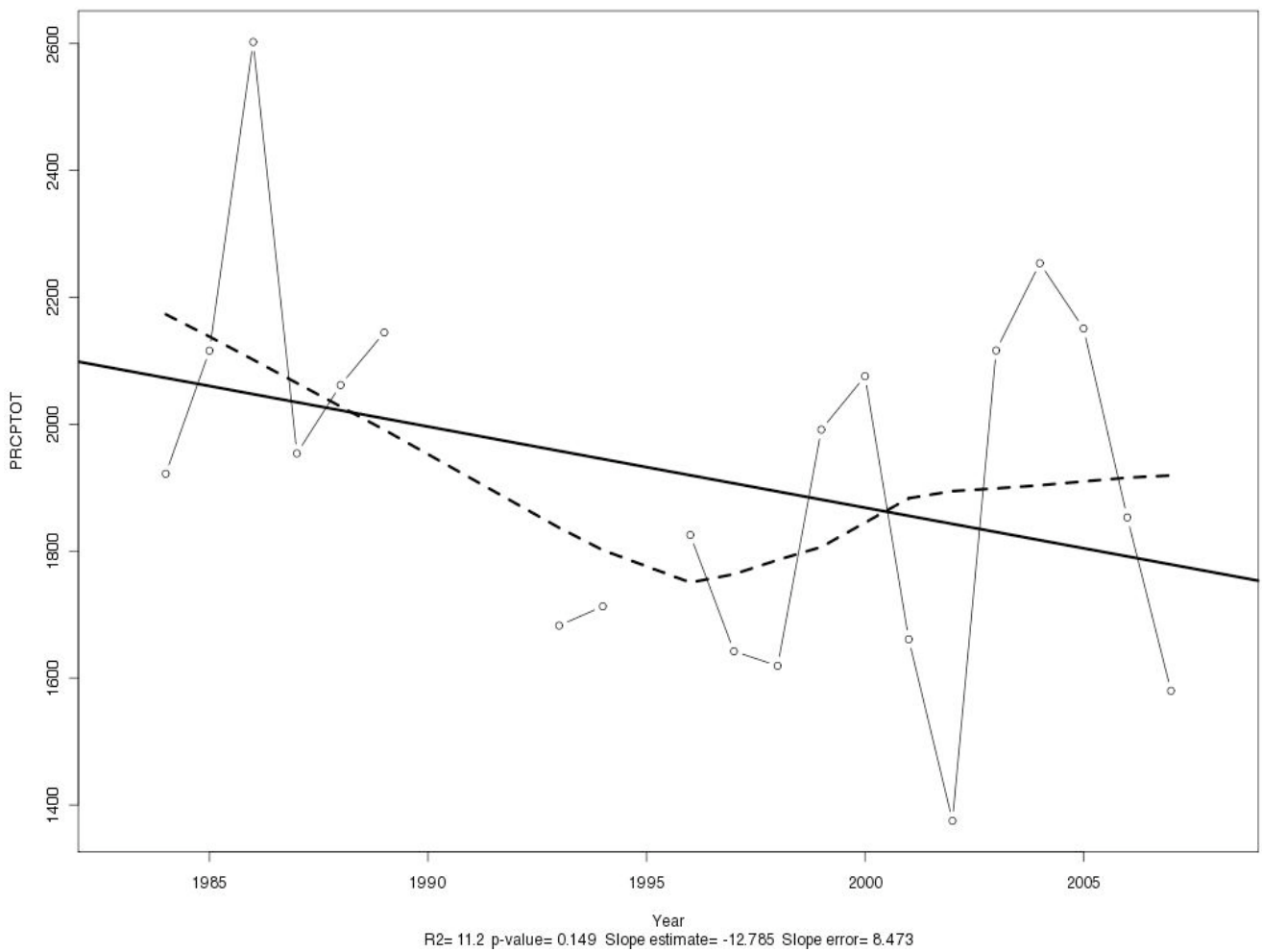
PRCPTOT 1155000



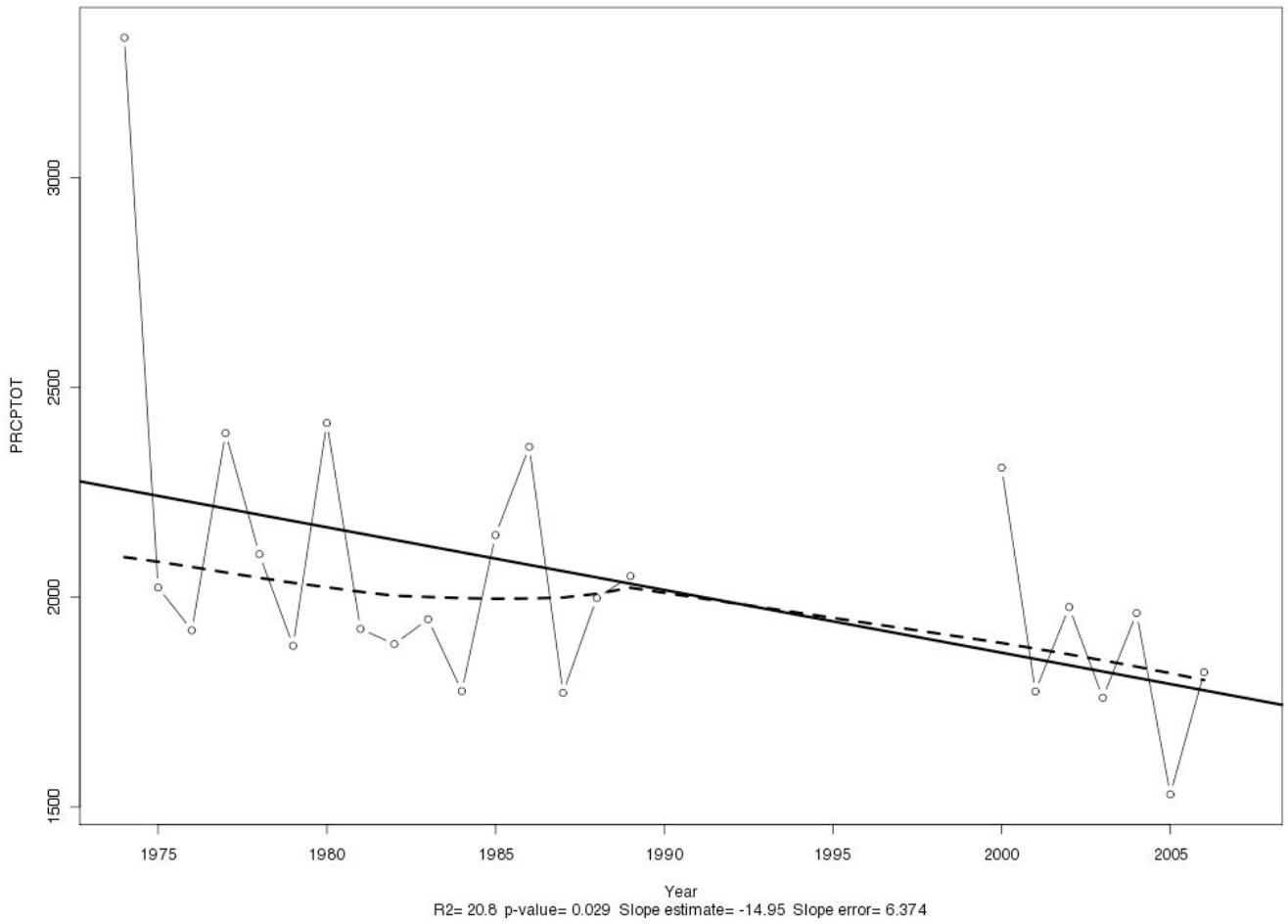
PRCPTOT 1156000



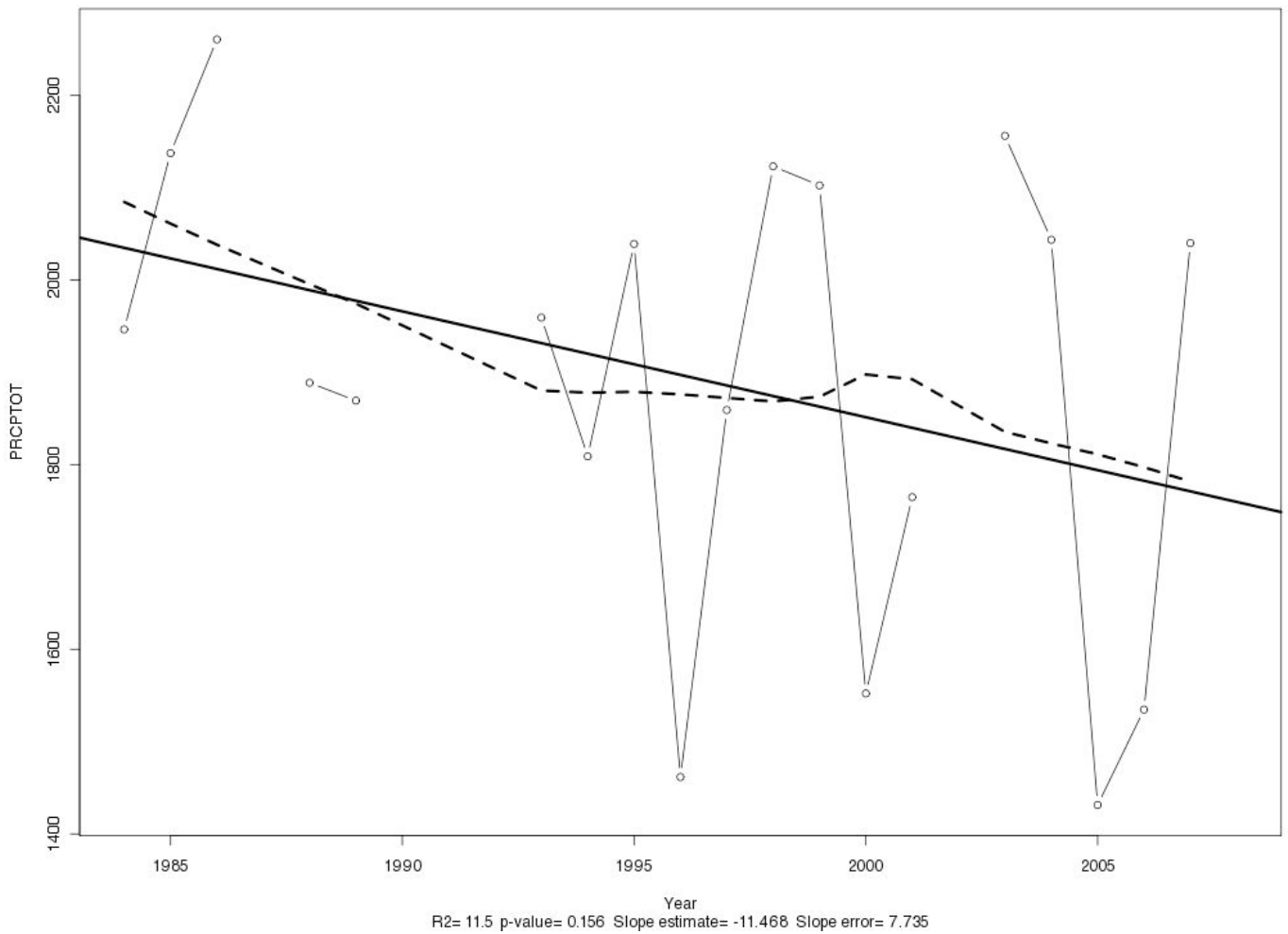
PRCPTOT 1156001



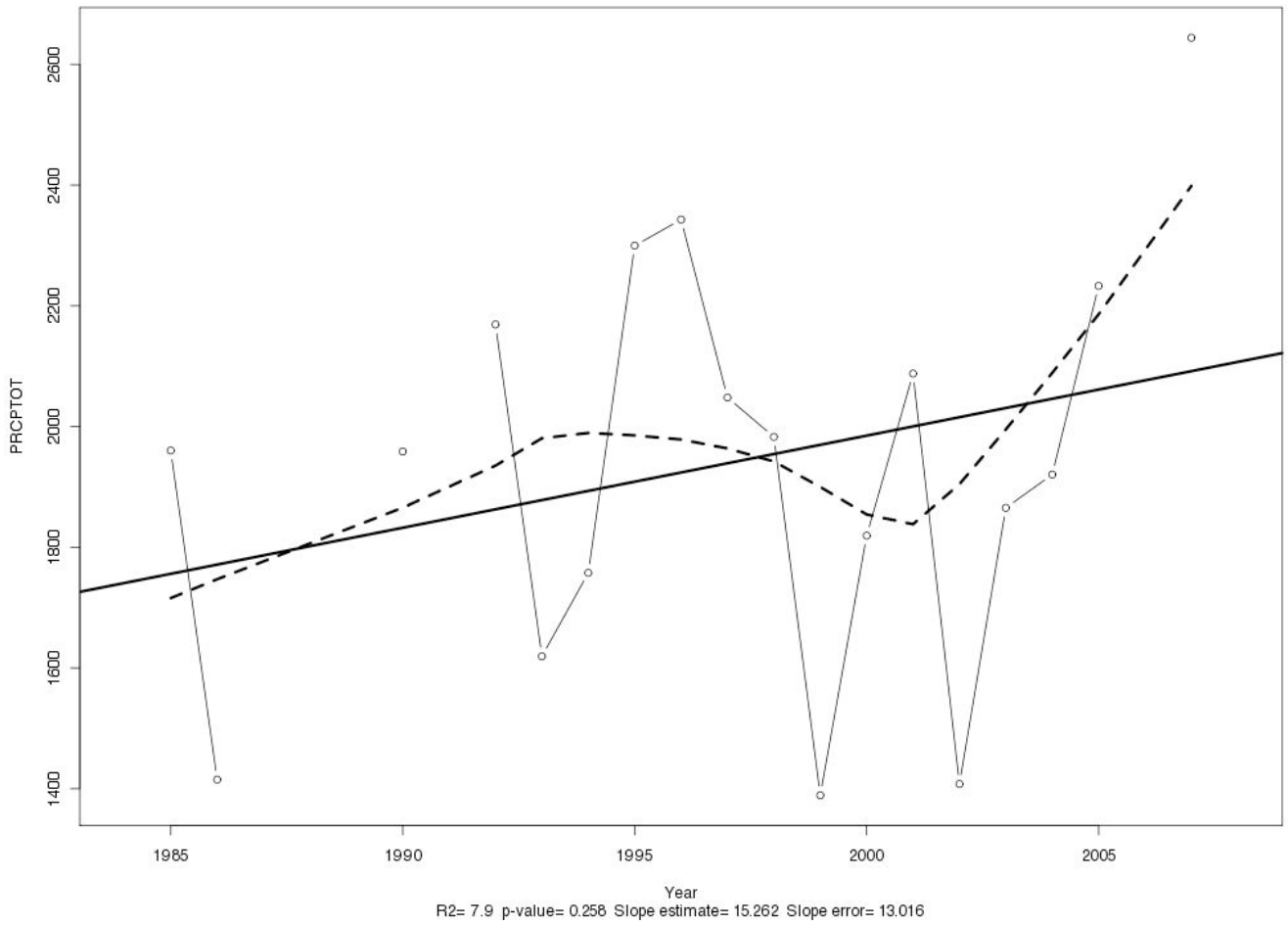
PRCPTOT 1157000



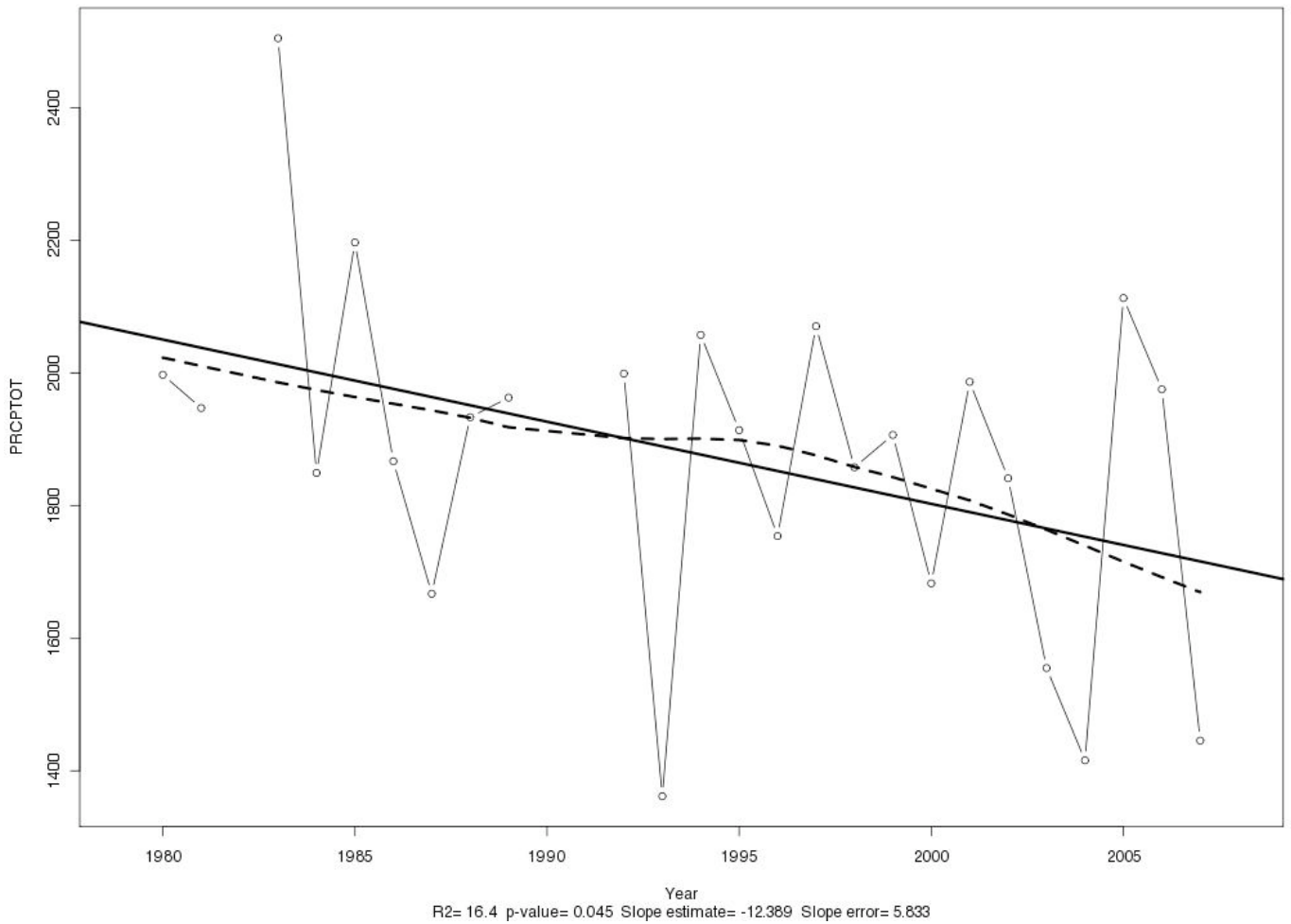
PRCPTOT 1157001



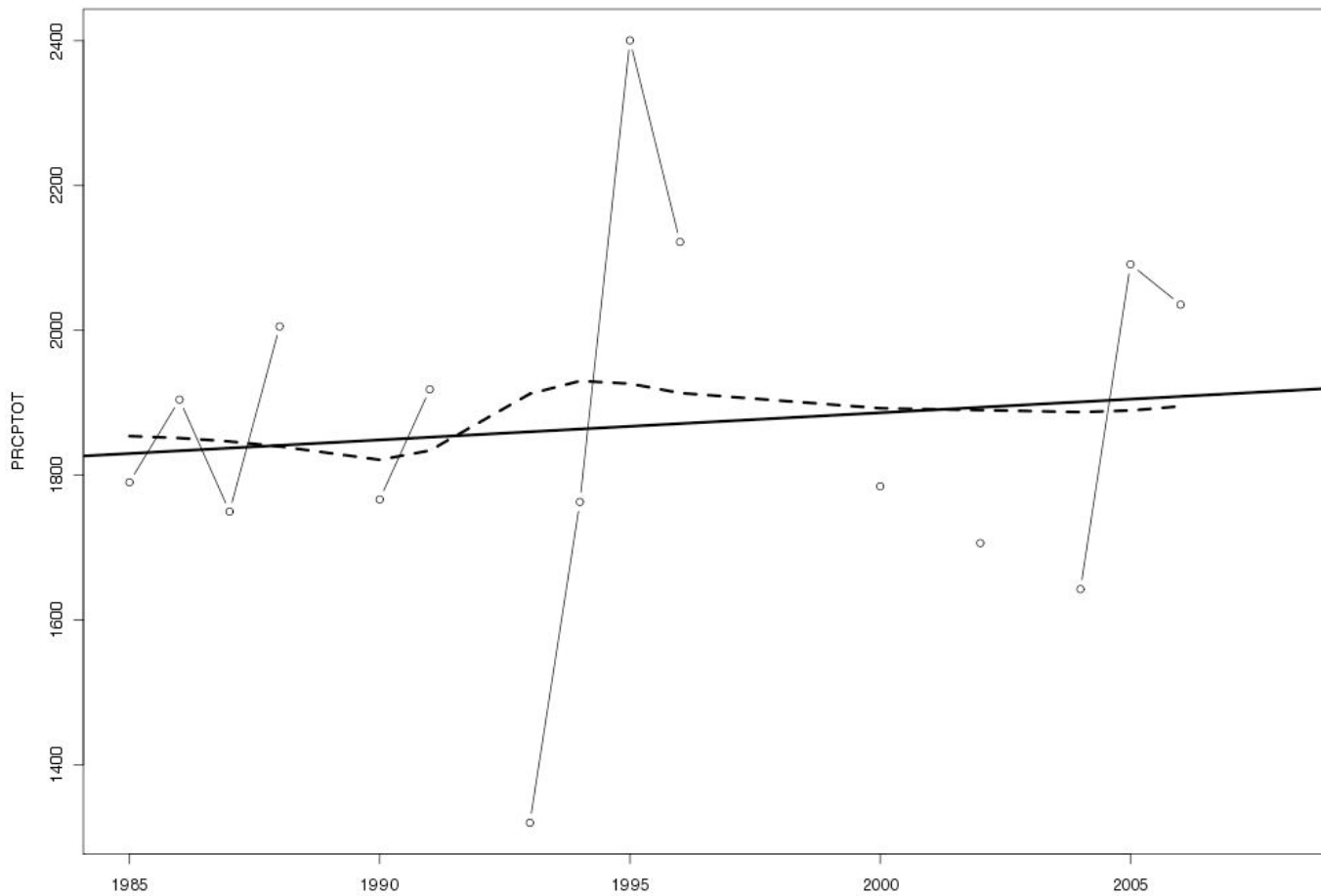
PRCPTOT 1158002



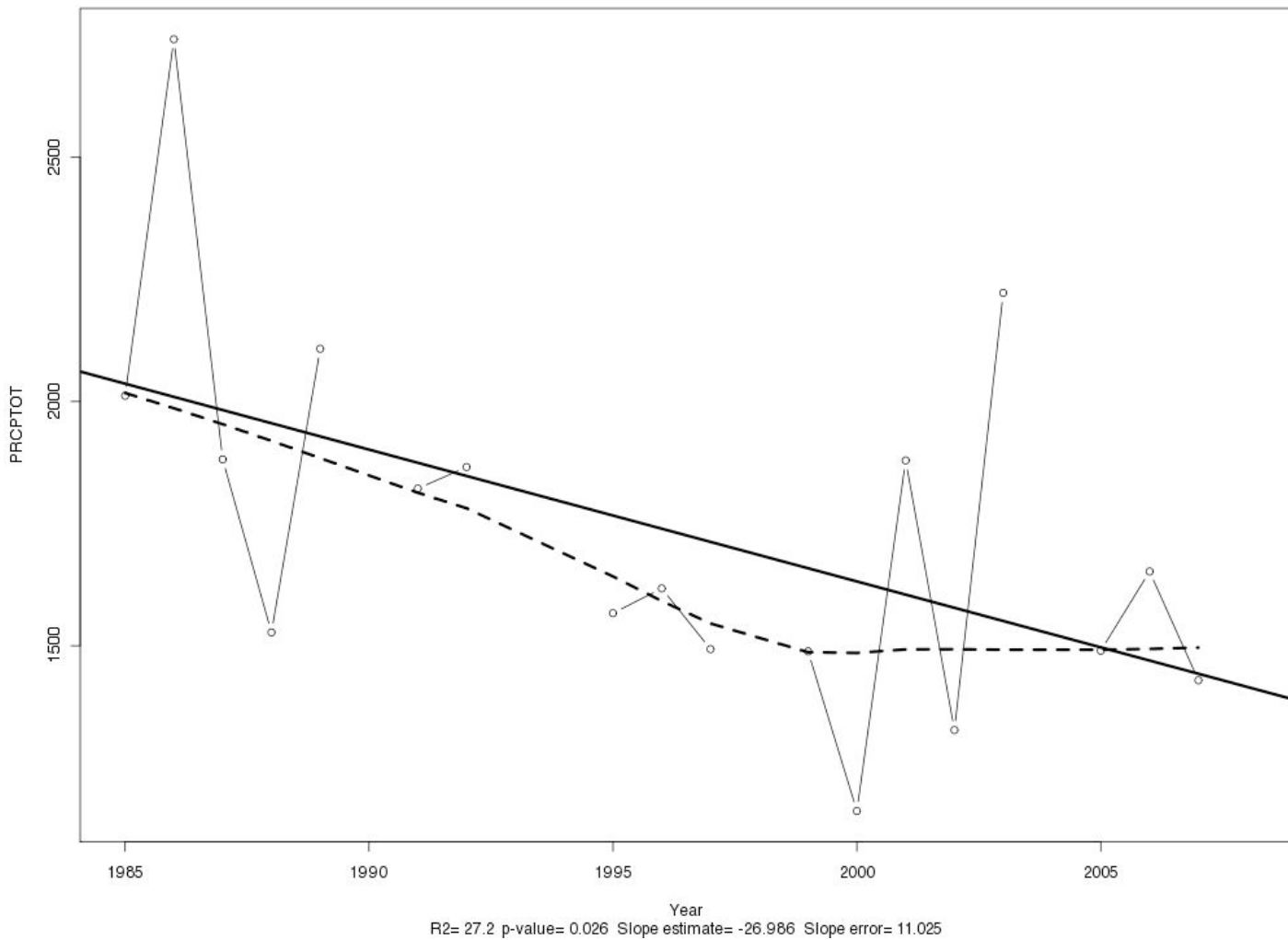
PRCPTOT 1158001

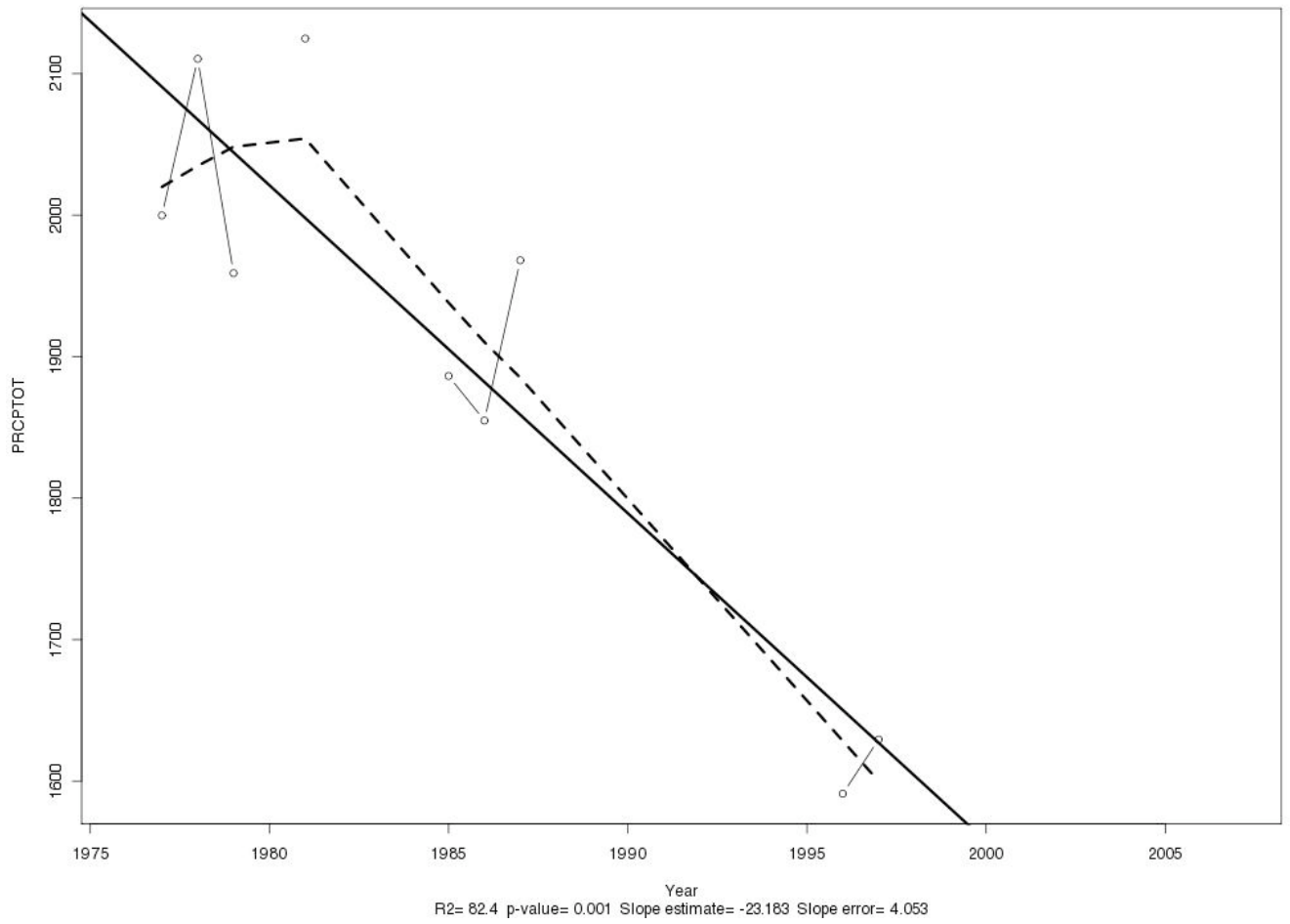


PRCPTOT 1158003

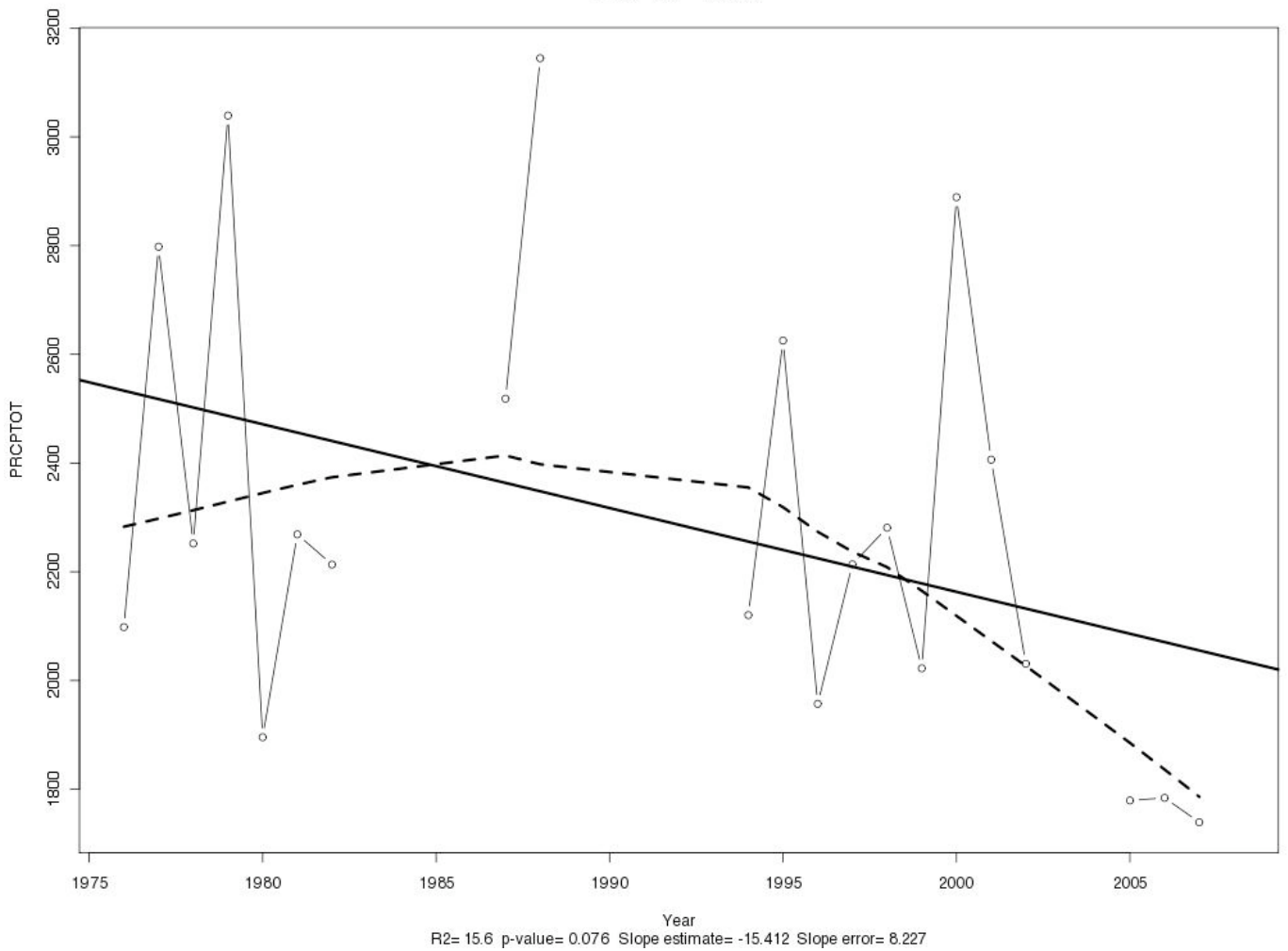


PRCPTOT 1159000





PRCPTOT 758000



ANEXO II

Dados anuais das estações pluviométricas da ANA, para os anos de 1987, 1997 e 2007 utilizados para o IDW e a krigeagem ordinária.

| CÓDIGO DA ESTAÇÃO | ANO | MM DE CHUVA | LATITUDE E LONGITUDE |
|--------------------------|------------|--------------------|-----------------------------|
| 758000 | 1987 | 2518 | -07 2020 -58 0918 |
| 857000 | 1987 | 1678 | -08 5213 -57 2459 |
| 954001 | 1987 | 1937 | -09 4902 -54 5309 |
| 956000 | 1987 | 1894 | -09 5213 -56 0608 |
| 956001 | 1987 | 1997 | -09 3833 -56 0106 |
| 960001 | 1987 | 1969 | -09 4800 -60 4126 |
| 1053001 | 1987 | 1973 | -10 3221 -53 3632 |
| 1054000 | 1987 | 1844 | -10 4446 -54 3246 |
| 1055001 | 1987 | 1898 | -10 0645 -55 3412 |
| 1055002 | 1987 | 1296 | -10 4755 -55 2655 |
| 1057000 | 1987 | 2019 | -10 5253 -57 3452 |
| 1057001 | 1987 | 2370 | -09 5629 -57 0755 |
| 1058003 | 1987 | 2258 | -10 1956 -58 2953 |
| 1058004 | 1987 | 1561 | -10 5002 -58 4808 |
| 1058005 | 1987 | 1719 | -10 3517 -58 5203 |
| 1059000 | 1987 | 1976 | -10 1029 -59 2703 |
| 1061002 | 1987 | 1851 | -10 2349 -61 0243 |
| 1154000 | 1987 | 2026 | -11 0010 -54 4819 |
| 1154001 | 1987 | 1907 | -11 5545 -54 5953 |
| 1155000 | 1987 | 1158 | -11 3911 -55 4206 |
| 1156000 | 1987 | 1825 | -11 2817 -56 2528 |
| 1156001 | 1987 | 1958 | -11 4238 -55 2750 |
| 1157000 | 1987 | 1785 | -11 3209 -57 2502 |
| 1157001 | 1987 | 1722 | -11 1509 -57 3021 |
| 1158001 | 1987 | 1670 | -11 2027 -58 2014 |
| 1158002 | 1987 | 2126 | -11 2431 -58 4304 |
| 1158003 | 1987 | 1755 | -11 4638 -58 0421 |
| 1159000 | 1987 | 1882 | -11 4907 -59 1930 |

| CÓDIGO DA ESTAÇÃO | ANO | MM DE CHUVA | LATITUDE E LONGITUDE |
|--------------------------|------------|--------------------|-----------------------------|
| 758000 | 1997 | 2222 | -07 2020 -58 0918 |
| 857000 | 1997 | 1122 | -08 5213 -57 2459 |
| 954001 | 1997 | 2226 | -09 4902 -54 5309 |
| 956000 | 1997 | 2283 | -09 5213 -56 0608 |
| 956001 | 1997 | 1900 | -09 3833 -56 0106 |
| 957001 | 1997 | 1755 | -09 3357 -57 2339 |
| 960001 | 1997 | 1636 | -09 4800 -60 4126 |
| 1053001 | 1997 | 1579 | -10 3221 -53 3632 |
| 1054000 | 1997 | 1950 | -10 4446 -54 3246 |
| 1055001 | 1997 | 1039 | -10 0645 -55 3412 |
| 1055002 | 1997 | 1902 | -10 4755 -55 2655 |
| 1057000 | 1997 | 2332 | -10 5253 -57 3452 |
| 1057001 | 1997 | 2224 | -09 5629 -57 0755 |
| 1058002 | 1997 | 1884 | -09 5122 -58 1449 |
| 1058003 | 1997 | 2094 | -10 1956 -58 2953 |
| 1058004 | 1997 | 1712 | -10 5002 -58 4808 |
| 1058005 | 1997 | 2153 | -10 3517 -58 5203 |
| 1059000 | 1997 | 2299 | -10 1029 -59 2703 |
| 1154000 | 1997 | 1988 | -11 0010 -54 4819 |
| 1154001 | 1997 | 1897 | -11 5545 -54 5953 |
| 1155000 | 1997 | 1691 | -11 3911 -55 4206 |
| 1156000 | 1997 | 1822 | -11 2817 -56 2528 |
| 1156001 | 1997 | 1649 | -11 4238 -55 2750 |
| 1157000 | 1997 | 2142 | -11 3209 -57 2502 |
| 1157001 | 1997 | 1859 | -11 1509 -57 3021 |
| 1158001 | 1997 | 2074 | -11 2027 -58 2014 |
| 1158002 | 1997 | 2059 | -11 2431 -58 4304 |
| 1158003 | 1997 | 2183 | -11 4638 -58 0421 |
| 1159000 | 1997 | 1493 | -11 4907 -59 1930 |

| CÓDIGO DA ESTAÇÃO | ANO | MM DE CHUVA | LATITUDE E LONGITUDE |
|--------------------------|------------|--------------------|-----------------------------|
| 758000 | 2007 | 1357 | -07 2020 -58 0918 |
| 857000 | 2007 | 1870 | -08 5213 -57 2459 |
| 954001 | 2007 | 2417 | -09 4902 -54 5309 |
| 956001 | 2007 | 1928 | -09 3833 -56 0106 |
| 957001 | 2007 | 1643 | -09 3357 -57 2339 |
| 1053001 | 2007 | 1499 | -10 3221 -53 3632 |
| 1054000 | 2007 | 1335 | -10 4446 -54 3246 |
| 1055001 | 2007 | 1794 | -10 0645 -55 3412 |
| 1055002 | 2007 | 1603 | -10 4755 -55 2655 |
| 1057001 | 2007 | 1863 | -09 5629 -57 0755 |
| 1058002 | 2007 | 1650 | -09 5122 -58 1449 |
| 1058003 | 2007 | 1834 | -10 1956 -58 2953 |
| 1058004 | 2007 | 1833 | -10 5002 -58 4808 |
| 1058005 | 2007 | 1791 | -10 3517 -58 5203 |
| 1059000 | 2007 | 1761 | -10 1029 -59 2703 |
| 1061002 | 2007 | 1639 | -10 2349 -61 0243 |
| 1154000 | 2007 | 1392 | -11 0010 -54 4819 |
| 1154001 | 2007 | 1987 | -11 5545 -54 5953 |
| 1155000 | 2007 | 1483 | -11 3911 -55 4206 |
| 1156000 | 2007 | 1931 | -11 2817 -56 2528 |
| 1156001 | 2007 | 1581 | -11 4238 -55 2750 |
| 1157000 | 2007 | 2129 | -11 3209 -57 2502 |
| 1157001 | 2007 | 2043 | -11 1509 -57 3021 |
| 1158001 | 2007 | 1446 | -11 2027 -58 2014 |
| 1158002 | 2007 | 2646 | -11 2431 -58 4304 |
| 1158003 | 2007 | 1834 | -11 4638 -58 0421 |
| 1159000 | 2007 | 1435 | -11 4907 -59 1930 |