



DIVISÃO DOS
CURSOS DE
PÓS-GRADUAÇÃO

PPG PROGRAMA
DE
PÓS-GRADUAÇÃO

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS
TROPICAIS – CFT

*Reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR–319: Efeito “dominó” pode
elevar as taxas de desmatamento no Sul do Estado de Roraima*

PAULO EDUARDO BARNI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais.

Manaus – AM
Outubro de 2009



DIVISÃO DOS
CURSOS DE
PÓS-GRADUAÇÃO



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS
TROPICAIS – CFT

*Reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR-319: Efeito “dominó” pode
elevar as taxas de desmatamento no Sul do Estado de Roraima*

PAULO EDUARDO BARNI

ORIENTADOR: Dr. PHILIP MARTIN FEARNSIDE

CO-ORIENTADOR: Dr. PAULO MAURÍCIO LIMA DE ALENCASTRO GRAÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais.

FONTE DE RECURSOS: PROJETO PPG7 – CNPq CONSERVAMAZONIA
PROC. 557152/2005-4
Bolsa de Pesquisa da FAPEAM

Manaus – AM
Outubro de 2009

B262

Barni, Paulo Eduardo

Reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR-319: efeito “dominó” pode elevar as taxas de desmatamento no sul do estado de Roraima / Paulo Eduardo Barni .--- Manaus : [s.n.], 2009.

xviii, 110 f. : il. color.

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2009

Orientador : Philip Martin Fearnside

Co-Orientador: Dr. Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça

Área de concentração : Ciências de Florestas Tropicais

1. Desmatamento – Amazônia. 2. Modelagem ambiental – Roraima.
3. Cobertura florestal – Amazônia – Simulação. 4. Uso da terra – Dinâmica florestal. I. Título.

CDD 19. ed. 574.52642

Sinopse:

Este estudo apresenta resultados de quatro cenários futuros da dinâmica de mudança da cobertura florestal e uso da terra, referente à região sul do Estado de Roraima, simulados entre os anos de 2007 e 2030.

Palavras chaves: Desmatamento, modelagem espacial, mudança de uso e cobertura da terra, Amazônia, Roraima.

KeyWords: Deforestation, spatial modelling, land use and land cover change, Amazon, Roraima state.

À Luiz Eduardo, um anjo em forma de guri,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, e a minha companheira Eleonize por sua paciência, carinho, compreensão e apoio nas horas mais difíceis. Não conseguiria fazer este trabalho sem a tua participação...

Agradeço a minha família, representada por minhas filhas Ana Claudia e Amanda e meu *gurizinho* (nascido durante este trabalho) Luiz Eduardo; por minha irmã Neuza, meu cunhado Severino e meus sobrinhos Matheus, Monique e Melissa que sempre me apoiaram e foram motivo de alegria e descontração nas manhãs de sábados e domingos desses últimos anos. Agradeço também ao meu pai, Valdemar e meus irmãos Neidi e Percival que sempre torcem pelo meu sucesso.

Faço também meus agradecimentos aos meus orientadores Dr. Philip Martin Fearnside e Dr. Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça que me deram total apoio e alocaram todos os meios disponíveis para o bom término deste trabalho;

À Universidade Federal do Amazonas – UFAM e todos os professores do curso de Engenharia Florestal, pela minha formação acadêmica;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA pelo apoio institucional e infra-estrutura;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Amazonas – FAPEAM e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelas bolsas de estudos;

À rede de Modelagem Ambiental da Amazônia – GEOMA, do Ministério de Ciências e Tecnologias – MCT, por proporcionar inscrição nas conferências do LBA (Large-Scale Biosphere, Atmosphere Program in Amazonia) em Manaus e da rede GEOMA em Belém (2008);

Em Manaus, agradeço Daniel Assunção pela demonstração de generosidade e desprendimento ao repassar valiosa bibliografia do Dinamica; ao Dr. Bruce Nelson e ao Dr. Euler Melo Nogueira pelos dados de biomassa florestal e explicações valiosas.

Em Boa Vista, agradeço ao Dr. Reinaldo Barbosa pelo incentivo, entusiasmo, amizade e pelos dados de biomassa de savana e campinarana existentes em Roraima.

Em Belo Horizonte, agradeço a equipe do laboratório de sensoriamento remoto do departamento de geografia da UFMG: Britaldo Soares-Filho, Hermann Rodrigues e Willian

Leles pela disposição sempre presente e paciência ao nos desvendar os “mistérios” desse **FANTÁSTICO** programa chamado DINAMICA-EGO.

Quero agradecer também todos os meus colegas de mestrado, Tawada, Fernando, Bruno, Caroline, Juvenas, Marcão Bento, Zeca, Priscila, Geisi, Thais, Claudia, Miho, Marciel e Matheus, pelo companheirismo e os momentos de descontração. Também a Gabriel Carrero, por acompanhar-me em minha viagem de campo.

Agradeço também aos técnicos do Laboratório de Agro ecologia, Raimundo e Robson pela disposição sempre rápida em ajudar e às “anônimas” (quase “invisíveis”) profissionais da limpeza por nos proporcionar, diariamente, um ambiente limpo e higienizado.

RESUMO

A reconstrução e asfaltamento da Rodovia BR-319 (Manaus/Porto Velho), previstos pelo PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, do Governo Federal, permitirá acesso, a partir do “Arco do Desmatamento”, a blocos imensos de florestas primárias contínuas na Amazônia Central e Norte. Inúmeros estudos realizados na região apontam a construção de estradas como a principal causa do desmatamento. Particularmente, a Rodovia BR-319 tem um potencial muito grande de canalizar o desmatamento e iniciar um novo ciclo migratório para essas regiões remotas, hoje sem acesso por estradas. Isto devido à falta de terras agricultáveis disponíveis para pequenos e médios proprietários nas regiões ao longo do arco do desmatamento, causadas principalmente, pelo avanço da pecuária extensiva e do agronegócio. Esta situação poderá se agravar com o término da construção das usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, a montante de Porto Velho no rio Madeira. Estas obras também estão previstas pelo PAC. Segundo estudos as obras têm o potencial de atrair perto de 100 mil pessoas para a região. Essas pessoas ficarão praticamente sem opções de trabalho e sobrevivência com o término das obras. É bastante provável que parte desse contingente possa “engrossar” o fluxo migratório esperado, formado por diversos atores “expulsos” do arco do desmatamento, se dirigindo para a região de Manaus e de Boa Vista através da BR-319 reconstruída. O sul do Estado de Roraima, Região alvo do nosso trabalho, particularmente, poderá ser vulnerável ao desmatamento sem controle se exposto a um fluxo migratório dessa magnitude. Essa região tem acesso a partir de Manaus através da BR-174, conectando também a Venezuela e Caribe. A história recente de migração e colonização foi iniciada na década de 1970 e foi marcada, principalmente pela abertura de Projetos de Assentamento - PAs pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. Nas décadas seguintes de 1990 e de 2000, novos PAs foram criados no âmbito do governo estadual para atrair novos migrantes ao Estado, que perdeu população devido ao fechamento do garimpo em 1990. Atualmente, no sul de Roraima, esse quadro é agravado pela situação agrária caótica, por denúncias de grilagens de terras públicas, exploração ilegal de madeira e avanço desenfreado da pecuária sobre a floresta, causando degradação do ambiente e perdas de suas funções. Assim, o principal objetivo do nosso trabalho foi modelar a dinâmica de mudanças de uso e de cobertura da terra no sul do Estado de Roraima e estimar as emissões de carbono para a atmosfera decorrente dessas mudanças. Para isso produzimos quatro cenários futuros de desmatamento dessa região, simulados entre 2007 e 2030, a partir do modelo **AGROECO** utilizando o arcabouço operacional do *software* de simulação DINAMICA-EGO[®]. A dissertação está dividida em dois capítulos. No Capítulo I foi feita uma análise da ocorrência do desmatamento em função da proximidade das rodovias BR-174 e BR-210, que cortam a região sul de Roraima, associando o desmatamento ocorrido aos processos de mudanças de uso e cobertura da terra na área de estudo no período de 2001 a 2007. O estudo serviu também como base na captação de parâmetros confiáveis para as rodadas de simulação do desmatamento na região Sul do Estado de Roraima descrito no Capítulo II. A análise do Capítulo I compreendeu a área do município de Rorainópolis (área de influência da BR-174) e dos municípios de São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe (área de influência da BR-210). Foram utilizados dois *buffers* de 20 km de largura subdivididos em oito faixas de 2500 m cada um, ao longo das BR-174 e BR-210. As análises foram realizadas utilizando os dados de desmatamento anual do PRODES em arquivos *shapefile*, arquivos *shapefile* da malha viária de estradas e dos PAs do Sul do Estado de Roraima, aliados a observações de campo. Os resultados mostraram que 90% das estradas vicinais se encontravam dentro da faixa de 20 km de distância das duas rodovias (BR-174 e BR-210). Dentro dessa mesma faixa ocorreram 76% do desmatamento ocorrido no período entre 2001 e 2007 na área de estudo. Os PAs foram responsáveis por 53,3% do desmatamento ocorrido no período e de 77% do

desmatamento acumulado até 2007 na região sul de Roraima como um todo. Esses desmatamentos estão fortemente relacionados com a disponibilidade de estradas e com o número de habitantes no interior dos PAs. Concluímos que o espalhamento de estradas endógenas pela exploração madeireira e novas ocupações de terras, tanto por pequenos e grandes atores, estão acontecendo de forma rápida e desordenada. Este quadro indica um potencial grande de perda de floresta em Roraima se o fluxo de migração para esta área aumentar, como seria esperado se Roraima for conectada ao Arco do Desmatamento com a abertura da Rodovia BR-319 (Manaus – Porto Velho). No Capítulo II apresentamos os resultados dos quatro cenários de desmatamento simulados e as estimativas de emissões de carbono para a atmosfera. Um cenário *Business As Usual* – BAU, chamado de BAU1 e outro de conservação ou de mitigação, chamado de CONSERV1, foram construídos sob a hipótese da NÃO reconstrução e asfaltamento da rodovia BR-319. Os outros dois cenários, sendo também um BAU, chamado de BAU2 e outro de conservação ou mitigação, chamado de CONSERV2, foram construídos sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011. Os cenários construídos sob a hipótese da NÃO reconstrução e asfaltamento da BR-319 presumiram taxas de desmatamento semelhantes às observadas no período entre 2004 e 2007 no sul de Roraima e sofreram oscilações durante as simulações em função de estradas regionais planejadas para o futuro. Os cenários sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 além de sofrerem oscilações pelas estradas regionais planejadas para o futuro presumiram forte fluxo migratório partindo do arco do desmatamento em direção a Roraima utilizando a BR-319 reconstruída, com conseqüente aumento nas taxas de desmatamento. Com o cenário BAU1 (sem a BR-319) a área desmatada chegou a 715.250 hectares em 2030, um aumento de 91,9% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissões equivalentes a $56,4 \times 10^6$ toneladas de carbono para a atmosfera. Sob o cenário BAU2 (com a BR-319) a área desmatada alcançou 858.639 hectares em 2030. Aumento de 130,4% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissões equivalentes a $80,3 \times 10^6$ toneladas de carbono para a atmosfera. Com o cenário CONSERV1 (sem a BR-319) a área desmatada chegou a 654.513 hectares em 2030. Aumento de 75,6% sobre a área desmatada inicialmente em 2007 e com emissão de $46,0 \times 10^6$ toneladas de carbono para a atmosfera. Sob o cenário CONSERV2 (com a BR-319) a área desmatada alcançou 775.888 hectares em 2030. Aumento de 108,2% sobre a área desmatada inicialmente em 2007, com emissão de $67,2 \times 10^6$ toneladas de carbono para a atmosfera. Os resultados mostraram que sob a hipótese da reconstrução e asfaltamento da BR-319 o desmatamento aumentou em 60.638 a 204.125 hectares em 2030, comparando-se o cenário BAU1 com o cenário CONSERV2 e o cenário CONSERV1 com o cenário BAU2, respectivamente. As emissões de carbono para a atmosfera, decorrente dessas diferenças, foram de $10,8 \times 10^6$ a $34,3 \times 10^6$ toneladas de carbono. Comparando o cenário BAU1 com o cenário BAU2 a diferença em área desmatada foi de 143.398 ha e correspondeu a emissão de $23,9 \times 10^6$ toneladas de carbono para a atmosfera. A reconstrução e asfaltamento da BR-319 farão o desmatamento aumentar entre 18 e 42% no sul do Estado de Roraima em 2030. As emissões de carbono para a atmosfera neste período, decorrentes desse desmatamento sofrerão aumentos em percentuais semelhantes (entre 19 e 42%). Este estudo demonstra que a reconstrução da BR 319, ligando Manaus a Porto Velho, pode ter impactos ao ambiente muito além da sua área de influência oficial no interflúvio dos rios Madeira-Purus. Seus efeitos podem se irradiar até Roraima, proporcionado pela atual malha viária. Medidas mitigadoras para redução desses impactos deveriam incluir também a criação de UCs em Roraima em áreas mais vulneráveis à pressão antrópica, caso a reconstrução da BR-319 venha se concretizar.

SUMMARY

The reconstruction and paving of the BR-319 (Manaus-Porto Velho) Highway, which is expected under the Federal Government's Program for the Acceleration of Growth (PAC), will allow access from the "arc of deforestation" to the immense blocks of continuous primary forest in central and northern Amazonia. Innumerable studies carried out in the region point to construction of roads as the main cause of deforestation. In particular, the BR-319 Highway has a very great potential to channel deforestation and to initiate a new migratory cycle to remote regions that currently lack road access. This is due to the lack of arable land available to small and medium farmers in the arc of the deforestation, caused mainly by the advance of extensive cattle ranching and agribusiness. This situation will be aggravated with the ending of construction work on the Jirau and Santo Antonio hydroelectric dams, upstream of Porto Velho on the Madeira River. These construction projects are also included in the PAC. Studies indicate that the dam-construction projects will attract approximately 100 thousand people to the region. These people will have practically no options for work and survival with the ending of the construction projects. It is quite probable that part of this contingent will swell the expected migratory flow of diverse actors that are "expelled" from the arc of deforestation, moving to the Manaus and Boa Vista areas via the reconstructed BR-319. The southern portion of the state of Roraima, which is the subject of our study, would be particularly vulnerable to uncontrolled deforestation if exposed to a migratory flow of this magnitude. This region is accessible from Manaus via the BR-174 Highway, which goes to Venezuela and the Caribbean. The recent history of migration and settlement began in the 1970s and was marked mainly by the opening of Settlement Projects (PAs) by the National Institute for Colonization and Agrarian Reform (INCRA). In the 1990s and 2000s, new settlement projects were created under the aegis of the government of Roraima to attract new migrants to the state, which had lost population due to the closing of many gold mines in 1990. Currently, in the southern portion of Roraima this picture is aggravated by the chaotic agrarian situation, by denunciations of illegal occupancies of public lands, illegal logging and the unrestricted advance of cattle ranching at the expense of forest, causing degradation of the environment and loss of its ecological functions. Thus, the main objective of our study was to model the dynamics of land-use and land-cover change in southern Roraima and to estimate carbon emissions to the atmosphere caused by these changes. We produced four scenarios of future deforestation in this region, simulated between 2007 and 2030, using the AGROECO model in the operational framework of the DINAMICA-EGO© simulation software. This dissertation is divided into two chapters. In Chapter I an analysis was made of the occurrence of deforestation as a function of the proximity of the BR-174 and BR-210 Highways that cut through the southern portion of Roraima. We associated the observed deforestation with the processes of land-use and land-cover change in the study area over the 2001-2007 period. The study served as basis for estimating the values of the parameters used in the simulation of deforestation in the southern portion of Roraima described in Chapter II. The analysis in Chapter I encompassed the counties of Rorainópolis (in the area of influence of the BR-174) and São Luiz do Anauá, São João da Baliza and Caroebe counties (in the area of influence of the BR-210). Two 20-km wide buffers were used, each subdivided into eight 2500-m wide strips along the routes of the BR-174 and BR-210. The analyses were carried out using annual deforestation data from PRODES in ArcGis shapefile format, plus shapefiles of the road network and of the settlement areas in the southern portion of Roraima, together with field observations. The results showed that 90% of the access roads were within 20 km of the two highways (BR-174 and BR-210). This same 20-km strip accounted for 76% of the deforestation that occurred between 2001 and 2007 in the study area as a whole. The

settlement areas were responsible for 53.3% of the deforestation that occurred in the period and for 77% of the cumulative deforestation up to 2007 in the southern portion of Roraima. This deforestation is strongly related to the availability of roads and the number of inhabitants in the settlement areas. We conclude that the spreading of endogenous roads for logging and for new land occupations, both by small and large actors, is happening in a rapid and disordered way. This picture indicates a great potential for loss of forest in Roraima if the flow of migration to this area increases, as would be expected if Roraima is connected to the arc of deforestation with the opening of the BR-319 (Manaus - Porto Velho) Highway. In Chapter II we present the results of the four scenarios of deforestation and corresponding estimates of carbon emissions to the atmosphere. A Business as Usual (BAU) scenario, called "BAU1" and a conservation or mitigation scenario called "CONSERV1," were constructed under the hypothesis of no reconstruction and paving of the BR-319 Highway. The other two scenarios were a business-as-usual scenario, called "BAU2" and another conservation or mitigation scenario called "CONSERV2," which were built under the hypothesis of reconstruction and paving of the BR-319 in 2011. The scenarios that were built under the hypothesis of no reconstruction and paving of the BR-319 had rates of deforestation presumed to be similar to those observed in the period between 2004 and 2007 in the southern portion of Roraima and underwent oscillations during the simulations as a function of planned regional roads being built the future. The scenarios under the hypothesis of the reconstruction and paving of the BR-319, in addition to suffering oscillations from the planned regional roads in the future, had presumed strong migratory flows from the arc of deforestation to Roraima using the reconstructed BR-319, with consequent increase in the deforestation rate. Under the BAU1 scenario (without the BR-319), the deforested area reached 715,250 ha in 2030. This is an increase of 91.9% over the area deforested initially in 2007, with emission the 56.4×10^6 tons of carbon to the atmosphere. Under the BAU2 scenario (with the BR-319), the deforested area reached 858,639 ha in 2030. This is an increase of 130.4% over the area deforested initially in 2007, with emission of 80.3×10^6 tons of carbon to the atmosphere. Under the CONSERV1 scenario (without the BR-319), the deforested area reached 654,513 ha in 2030. This is an increase of 75.6% over the area deforested initially in 2007, with emission of 46.0×10^6 tons of carbon to the atmosphere. Under the CONSERV2 scenario (with the BR-319), the deforested area reached 775,888 ha in 2030. This is an increase of 108.2% over the area deforested initially in 2007, with emission of 67.2×10^6 tons of carbon to the atmosphere. The results showed that under the hypothesis of the reconstruction and paving of the BR-319, deforestation increased by between 60,638 ha and 204,125 ha in 2030, comparing the BAU1 scenario with the CONSERV2 scenario and the CONSERV1 scenario with the BAU2 scenario, respectively. The emissions to the atmosphere caused by these differences, were 10.8×10^6 to 34.3×10^6 tons of carbon. Comparing the BAU1 scenario with the BAU2 scenario, the difference in deforested area was 143,398 ha, which corresponded to an emission of 23.9×10^6 tons of carbon to the atmosphere. The reconstruction and paving of the BR-319 will make deforestation increase by between 18 and 42% in the southern portion of the state of Roraima in 2030. Carbon emissions to the atmosphere in this period, caused by this deforestation, will suffer increases by similar percentages (between 19 and 42%). This study demonstrates that the reconstruction of BR 319, linking Manaus to Porto Velho, can have impacts to the environment far beyond the highway's official area of influence in the interfluvium between the Madeira and the Purus Rivers. Its effect can radiate as far as Roraima, carried along the existing road network. If the BR-319 is reconstructed, mitigation measures to reduce these impacts would have to include creation of conservation units in Roraima in the areas that are most vulnerable to human pressure.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I - Desmatamento no Sul de Roraima: análise da distribuição de ocorrência em função da distância das duas principais rodovias (BR-174 e 210) que cortam a região...24

Tabela 1. Estradas vicinais (km) nas áreas de influência das BR-210 e BR-174, no Sul de Roraima40

Tabela 2. Tamanho das áreas (km²) e desmatamento ocorrente (km²) nas áreas de influência das BR-210 e BR-174.....40

Tabela 3. Tamanho das áreas de PAs (km²) nas duas sub-regiões e dentro dos *buffers*, desmatamento acumulados (km²) nos PAs e comprimento de estradas (km).....42

Tabela 4. Áreas das faixas de *buffer*, desmatamento acumulado em km² de 2001 a 2007 (Desmat_ac01-07) e até 2007 (Desmat_ac_até07), percentuais (%) de desmatamento acumulado entre 2001 a 2007 e até 2007. Ocorrências de estradas vicinais (km) dentro das faixas de distância da rodovia BR-210.....42

Tabela 5. Área das faixas de *buffer*, desmatamento acumulado em km² de 2001 a 2007 (Desmat-ac01-07) e até 2007 (Desmat_ac_até07) e seus percentuais (%). Também ocorrência de estradas vicinais por faixas de distancia da rodovia BR-174 em Rorainópolis.....43

Tabela 6. Ocorrências (n) por classes de áreas (ha) de polígonos de desmatamento, tamanho médio e área total (Área_T) acumulada do desmatamento ocorrido entre 2001 e 2007 nas áreas de influência das BR-210 e BR-174.....44

Tabela 7. Projetos de Assentamento (PAs) da região da BR-174, em Rorainópolis..... 49

Tabela 8. Projetos de Assentamento (PAs) da região da BR-210.....50

Capítulo II - Desmatamento e emissões de Carbono na Amazônia: Simulando o impacto de conectar o Estado de Roraima ao “Arco do Desmatamento” pela reconstrução da Rodovia BR-319 (Manaus-Porto Velho)59

Tabela 1. Condições para os quatro modelos de simulação do Sul do Estado de Roraima.....69

Tabela 2. Calendário de asfaltamento e construção de estradas projetadas para o futuro aplicado ao modelo AGROECO para todos os cenários (exceto alguns destinos nos cenários de conservação).....76

Tabela 3. Biomassa presente e estoque de Carbono nas florestas da região Sul do Estado de Roraima em 2007.....84

Tabela 4. Classes de uso da terra consideradas para o cálculo da biomassa da paisagem em equilíbrio recobrando a área previamente desmatada.....88

Tabela 5. Estimativa de biomassa florestal e emissões de carbono nos cenários em 2030.....	97
Tabela 6. Biomassa da paisagem em equilíbrio e conteúdo de carbono.....	97
Tabela 7. Estimativa de biomassa da florestal e emissões de carbono nos cenários em 2030.	98
Tabela 8. Diferenças de desmatamento acumulado, biomassa e carbono em 2030 entre os cenários simulados.....	98
Tabela 9. Desmatamento em 2030 em cada município da região sul de Roraima sob os quatro cenários simulados.....	107

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I - Desmatamento no Sul de Roraima: análise da distribuição de ocorrência em função da distância das duas principais rodovias (BR-174 e 210) que cortam a região..24

- Figura 1.** Carregamento de caminhão de bananas (a e b) na vicinal 35 para o mercado consumidor de Manaus, no PA São Luizão, município de São João da Baliza.....30
- Figura 2.** Plantio de bananas, ao fundo, no travessão que liga a vicinal 011 com a 09, em Caroebe, ao lado de uma área queimada recente em (a) e em (b), a mesma área e ao fundo (b), morte das árvores da borda devido ao forte calor proveniente da queima da biomassa e invasão do fogo na área de mata nativa.....30
- Figura 3.** Um dos 100 tanques para piscicultura instalados ao longo das estradas vicinais de Rorainópolis.....31
- Figura 4.** Caminhão com placas de Rondônia transportando toras para a indústria de beneficiamento de madeiras no sul do Estado.....33
- Figura 5.** Localização da área de estudo abrangendo parte da região Sul do Estado de Roraima e formada por quatro municípios: Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe. **Fonte:** Dados de desmatamento: Inpe (PRODES, 2008).....35
- Figura 6.** Pontos de coletas de informações captados ao longo das principais rodovias, estradas vicinais e de PAs visitados na região Sul do Estado de Roraima.....39
- Figura 7.** Desmatamento entre 2001 e 2007 somando-se as ocorrências nos cinco municípios do Sul do Estado de Roraima.....41
- Figura 8.** Área desmatada entre 2001 e 2007 em função da distância da BR-210 e BR-174 no Sul de Roraima.....45
- Figura 9.** Curvas relacionando a ocorrência de desmatamento acumulado até 2007 em função da distância às principais estradas na região Sul do Estado de Roraima.....45
- Figura 10.** Desmatamento acumulado até 2007 em função da disponibilidade de estradas vicinais dentro de faixas de 2.500 metros no entorno da BR-210 e BR-174 na Região Sul de Roraima.....46
- Figura 11.** Disponibilidade de estradas vicinais em função das faixas de distância das estradas principais.....46
- Figura 12.** Relação entre áreas desmatadas e comprimento de estradas vicinais nos Projetos de Assentamento da Região Sul de Roraima.....47
- Figura 13.** Relação entre áreas desmatadas e número de famílias assentadas nos Projetos de Assentamento da Região Sul de Roraima.....48

Figura 14. Padrão de distribuição de polígonos de desmatamento por classes de tamanho (ha) nas áreas de influência da BR-210 e BR-174 no sul do Estado de Roraima, ocorridos entre 2001 e 2007.....	51
Figura 15. Padrão observado no final das estradas vicinais, em forma de “cunha”, do desmatamento acumulado na região da BR-210.....	52
Figura 16. Seqüência de imagens de desmatamento do PRODES mostrando padrões de contágio evoluindo através dos anos e ao longo das vicinais 05, 07 e 09 do PA Jatapú, em Caroebe, região da BR-210. Em a (anos 2000 e 2001), o desmatamento ainda se encontra restrito às faixas de <i>buffer</i> e dentro da área do PA Jatapú. Em b (anos 2002 e 2003), já se pode notar a extrapolação do desmatamento da linha divisória do <i>buffer</i> de 20.000 metros. Em c (anos 2004 e 2005) e em d (anos 2006 e 2007), há a incorporação de mais polígonos de desmatamento aos já previamente existentes, dentro e fora dos limites do <i>buffer</i> e do PA.....	53
Figura 17. Avanço das estradas vicinais ultrapassando as áreas dos Projetos de Assentamento decorrentes da atividade de grilagem de terras públicas na região da BR-210. Obs: Os pontos em vermelho são pontos de coletas de dados na viagem de campo. No círculo superior se observa a extrapolação das vicinais 05, 07 e 09 para além dos limites do PA Jatapú, em Caroebe.....	54
Figura 18. Pastagens em um primeiro plano e plantios de bananeiras ao fundo, em destaque, próximas à borda da floresta, no km 23 da vicinal 22 em São Luiz do Anauá, área de influência da BR-210.....	55
Figura 19. Pastagens com gado no km 12 da vicinal 06 do PA Jatapú, em Caroebe, região de influência da BR-210.....	55
Figura 20. As áreas envoltas pelos círculos pontilhados destacam locais onde está havendo invasões e demarcações de terras públicas, na região da BR-210 (PA São Luizão, Vicinais 05, 07 e 09 e FLONA Jauaperí) e na região da BR-174 (PA Equador e parte da FLONA Jauaperí).....	56
Figura 21. Imagem Landsat TM5, composição RGB e Órbita Ponto 231/059, de 2009, mostrando desmatamento recente (em destaque) a partir do final da vicinal 07 do PA Jatapú, em Caroebe, região da BR-210. Os polígonos maiores, na ponta da seta, já aparecem nos arquivos de desmatamento de 2008 do PRODES.....	57
 Capítulo II - Desmatamento e emissões de Carbono na Amazônia: Simulando o impacto de conectar o Estado de Roraima ao “Arco do Desmatamento” pela reconstrução da Rodovia BR-319 (Manaus-Porto Velho)	
Figura 1. Local da área de estudo.....	64
Figura 2. Ilustração do modelo conceitual do AGROECO (adaptado por Vitel 2009).....	65
Figura 3. Ilustração do fluxo de dados no modelo AGROECO para a formação da superfície de floresta disponível.....	66

- Figura 4.** Mapa exemplificando a formação de estradas, das faixas fundiária e de floresta disponível. Este mapa serve como entrada para o modelo não-espacial Vensim.....66
- Figura 5.** Mapas de Uso e Cobertura da Terra do ano 2004 e de 2007 da área de estudo, utilizados como mapa inicial, para o cálculo das taxas de transição 2004-2007 e dos pesos de evidência.....69
- Figura 6.** Mapas de variáveis categóricas (a) e contínuas (b).....70
- Figura 7.** Mapa de estradas planejadas para o futuro com as suas datas de implementação no modelo.....77
- Figura 8.** Gráfico do desmatamento nos PAs criados entre 1995 e 1997 no Sul do Estado de Roraima. Obs. Os índices observados nos três primeiros anos são valores médios do desmatamento atribuído ao ano de 1997 segundo a metodologia do PRODES (Brasil, INPE, 2008).....80
- Figura 9.** Projetos de Assentamento criados entre os anos de 1995/1997 no Sul do Estado de Roraima. **Fonte:** Brasil, INCRA, (2007).....80
- Figura 10.** Detalhe ampliado comparando o desmatamento simulado de 2007 (a) e o desmatamento observado no Sul do Estado de Roraima em 2007 (b) (Brasil, INPE, 2008), para a validação do modelo.....81
- Figura 11.** UCs propostas para os cenários de conservação (em vermelho).....82
- Figura 12.** Mapa de biomassa do Sul do Estado de Roraima para o de 2007 derivado do mapa de biomassa da Amazônia, calculado por Nogueira et al., (2008).....83
- Figura 13.** Metodologia para se determinar o mosaico de idades da capoeira remanescente nas paisagens geradas a cada iteração nas rodadas de simulação para os cenários. Esse procedimento foi repetido para cada paisagem anual de cada cenário simulado até o ano de 2030.....86
- Figura 14.** Curva de decaimento exponencial mostrando a permanência percentual das células de capoeira gerada na primeira iteração do cenário BAU1 (sem a BR-319), considerado o cenário de linha de base para as simulações dos outros cenários de desmatamento do sul do Estado de Roraima.....87
- Figura 15.** Lista de gráficos dos pesos de evidência em resposta ao desmatamento observado na área de estudo entre os anos de 2004 e 2007, confrontando-se as variáveis proximais utilizadas no modelo de simulação: a) distância às estradas principais, b) distância às estradas secundárias, c) distância aos rios, d) distância à faixa fundiária, e) distância aos projetos de assentamento e f) distância ao desmatamento.....91
- Figura 16.** Lista de gráficos dos pesos de evidência em resposta ao desmatamento observado na área de estudo entre os anos de 2004 e 2007, confrontando-se as variáveis categóricas utilizadas no modelo de simulação: a) altitude, b) solos, c) relevo, d) vegetação e, e) unidades de conservação.....93

Figura 17. Gráfico representando as taxas de desmatamento anuais verificadas nas simulações dos quatro cenários de desmatamento da região Sul do Estado de Roraima entre 2007 e 2030.....	95
Figura 18. Desmatamento acumulado sob os quatro cenários simulados de 2007 a 2030 para o sul do Estado de Roraima.....	96
Figura 19. Gráfico representando a perda de área de floresta pelo desmatamento sob os quatros cenários do sul do Estado de Roraima, simulados entre 2007 e 2030.....	96
Figura 20. Gráfico representando a composição do mosaico de idades vegetação secundária: $0 < x \leq 5$ (vegetação secundária jovem); $5 < x \leq 10$ (vegetação secundária intermediária) e; $x > 10$ anos (vegetação secundária antiga).....	99
Figura 21. Cenário BAU1 (sem a BR-319) do Sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.....	100
Figura 22. Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) no sul de Roraima sob o Cenário BAU1(sem a BR-319).....	101
Figura 23. Cenário CONSERV1 (sem a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.....	102
Figura 24. Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário CONSERV1 (sem a BR-319).....	102
Figura 25. Cenário BAU2 (com a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.....	103
Figura 26. Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário BAU2 (com a BR-319).....	104
Figura 27. Cenário CONSERV2 (com a BR-319) do sul do Estado de Roraima simulado para o ano de 2030.....	105
Figura 28. Perda de biomassa e emissões de carbono (toneladas) sob o cenário CONSERV2 (com a BR-319).....	105
Figura 29. Municípios do sul do estado de Roraima: Caracaraí, Caroebe, Rorainópolis, São Luiz do Anauá e São João da Baliza.....	106
Figura 30. Desmatamento nos municípios do sul do estado de Roraima sob os quatro cenários simulados entre 2007 e 2030.....	107
Figura 31. Cenário BAU2 exemplificando o efeito das estradas sobre o desmatamento simulado em 2030.....	110

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	18
OBJETIVO GERAL.....	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
 Capítulo I - Desmatamento no Sul de Roraima: análise da distribuição de ocorrência em função da distância de duas principais rodovias (BR-174 e 210) que cortam a região.....	24
Resumo.....	24
Introdução.....	26
Material e Métodos.....	35
Resultados.....	39
Discussão.....	44
Conclusão.....	58
 Capítulo II - Desmatamento e emissões de carbono na Amazônia: Simulando o impacto de conectar o Estado de Roraima ao “Arco do Desmatamento” pela reconstrução da Rodovia BR-319 (Manaus-Porto Velho).....	59
Resumo.....	59
Introdução.....	61
Material e Métodos.....	63
Resultados.....	90
Discussão.....	108
Conclusão.....	115
 CONCLUSÃO GERAL.....	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	129

INTRODUÇÃO GERAL

As mudanças climáticas globais são impostas ao meio ambiente pelas emissões humanas de Gases de Efeito Estufa (GEE). De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), desde a revolução industrial vem emitindo cada vez mais desses gases na atmosfera do planeta (Alley, 2007).

O efeito estufa é um fenômeno natural, sem o qual a temperatura na Terra ficaria, em média, pelo menos 30-34 °C mais fria (Paciornik & Machado Filho, 2000; Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, FBMC, 2002; www.rudzerhost.com, 2008), inviabilizando a vida para a maioria das espécies conhecidas hoje. O aumento das concentrações de GEE na atmosfera além dos patamares naturais, principalmente o CO₂ por ser mais abundante, é que provocariam as mudanças no clima na terra (Watson *et al.*, 2000).

Recentemente, dois pesquisadores da área de Geologia (Zalasiewicz & Williams, 2008), da Universidade de Leicester, propuseram ao conselho mundial da classe que se mudasse o nome do período geológico em que a terra se encontra hoje, chamado de “Holoceno”, para “Antropoceno”. Os pesquisadores argumentam que o homem modificou de tal maneira o ambiente nos últimos dois séculos que profundas e irreversíveis modificações na estrutura geológica do planeta já são notadas pela ciência (Meadows *et al.*, 2007). Entre os impactos nos fenômenos relacionados às atividades humanas identificadas por eles e que justificariam a troca de período geológico, estão: padrões transformados de erosão sedimentar e deposições em escala global; maiores distúrbios no ciclo de carbono e na temperatura global; mudanças em grande escala nas plantas e animais e; a acidificação dos oceanos.

No início da Era Industrial o nível de concentração de CO₂ na atmosfera eram de cerca de 290 ppmv, hoje já chega a 367 ppmv e poderá triplicar, segundo projeções de Modelos de Circulação Geral (GCM's na sigla em Inglês), acoplando modelos terra/oceano com modelos da atmosfera do Hadley Centre na Inglaterra, até o ano 2100, caso não se faça nada para se reduzir as emissões. Nesse Cenário a temperatura média mundial se elevaria 4,1 e a da Amazônia 9,2 °C, o que poderá ser catastrófico para a Amazônia e o mundo (Cox *et al.* 2004).

O forte crescimento econômico que vêm experimentando, atualmente, alguns países em desenvolvimento como a China (Wang *et al.*, 2007; Zweibel *et al.* 2008; Aquino & Arini, 2008), a Índia (Zweibel *et al.* 2008) e o Brasil (Meyer, 2008), poderá contribuir ainda mais com o agravamento do efeito estufa. Notadamente, ao contrário do que se verifica nos países desenvolvidos, que tem suas emissões basicamente provenientes de fontes industriais e da queima de combustíveis fósseis, os países em desenvolvimento têm suas fontes de emissões

concentradas nas mudanças de uso e cobertura da terra. Conforme o relatório do IPCC (2007), 17,3% das emissões mundiais de CO₂ é atribuído à degradação dos biomas em escala global devido às explorações dos recursos naturais pelos humanos nestes ambientes.

Desmatamentos e emissões de GEE na Amazônia

De acordo com a Convenção sobre Mudança do Clima do Ministério da Ciência & Tecnologia – MCT (2008), seguindo a abordagem *Top-Down* do IPCC, as emissões do Brasil de CO₂ no setor energético, incluindo combustíveis fósseis e biomassa, foram da ordem de 80 Mg C em 1994. No entanto, cerca de 75% das emissões de GEE no Brasil, incluindo todas as fontes, é proveniente das mudanças nos usos e cobertura da terra.

Para a Amazônia Brasileira no ano base de 1990 e considerando 13,8 x 10³ Km² de superfície desmatada naquele ano, Fearnside (2001) calculou o balanço anual das emissões líquidas comprometidas relativas ao desmatamento em 934 x 10⁶ Mg de CO₂ e as líquidas em 1189-1204 x 10⁶ Mg de CO₂ para o mesmo período. Com a perda da floresta também há perda nos serviços ambientais prestados por ela (ver Fearnside, 1999; 2000ab; 2003; 2004).

Soares-Filho *et al.* (2005; 2006), modelando o desmatamento para a bacia Amazônica num cenário assumindo as tendências atuais de expansão da agricultura (“o mesmo de sempre”) até o ano de 2050, disseram que seriam eliminadas 40% da floresta, liberando para a atmosfera 32 ± 8 Pg de carbono, com grande extinção de espécies, muitas delas ainda desconhecidas.

Em Roraima, Fearnside (1997a) destaca que no período de 1992 a 1994, apenas 3% de todo desmatamento da Amazônia Legal foi realizado naquele estado. Apesar desse número ser pequeno em relação à Amazônia, segundo o autor, o percentual era bastante significativo. Sendo que as emissões de GEE provenientes desses desmatamentos seriam superiores às emissões de muitos países que tinham seus inventários nacionais em curso, de acordo com a determinação do *Framework Convention on Climate Change* – FCCC. Neste trabalho, o autor também faz o balanço de emissões líquidas de GEE para o estado de Roraima, registrando uma soma da ordem de 14,85 x 10⁶ Mg de CO₂.

Fearnside *et al.* (1990) registram uma taxa anual 317 km² para Roraima no período de janeiro de 1978 a agosto de 1989. Nesse período a área desmatada acumulada passou de apenas 132 km² (0,06% em relação a área de Roraima) para 3.621 km² (1,6% do Estado). A taxa de desmatamento anual média entre os anos de 1988/1989 e 1991/1992, foi de 400 km², sendo que em 1991, Roraima tinha um desmatamento acumulado em 4,2 x 10³ km²

(Fearnside, 1993) e no ano de 1994 esse número alcançou $5,0 \times 10^3 \text{ km}^2$ (Fearnside, 1997). De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, de 2000 a 2007, só no Sul do Estado de Roraima o desmatamento foi da ordem de $1301,6 \text{ km}^2$ (PRODES, 2008), com taxa anual média de $162,7 \text{ km}^2$, no período indicado.

Asfaltamento da BR–319

Obras de infra-estrutura, como estradas, estão entre as principais causas dos desmatamentos (Kaimowitz & Angelsen, 1998; Nepstad *et al.* 2001; Escada & Alves 2001; Geist & Lambin 2002; Lambin *et al.* 2003; Souza Jr. *et al.* 2004; Oliveira, 2005; Torres, 2005 e Fearnside, 2005). Soares filho *et al.* (2004, 2005) apontam a pavimentação e a construção de estradas como principais determinantes dos desmatamentos da bacia Amazônica. E Théry (2005), observa que a Amazônia esta mudando em função, principalmente através de impactos, uns positivos outros nem tanto, segundo o autor, desencadeados pela abertura de rodovias. Fearnside *et al.* (2009) implementaram no *software* DINAMICA-EGO um modelo de desmatamento e estimativas de emissão de biomassa, de 2007 a 2050, para a área de influência ao longo da Rodovia BR–319, que liga Porto Velho-RO a Manaus-AM, presumindo seu asfaltamento em 2011. As emissões de carbono e a perda da biomassa decorrente dos desmatamentos nesse período simulado somaram 0,9 Pg e 1,9 Pg, respectivamente, com supressão de 38% da cobertura vegetal original, analisados sob o pior cenário BAU (Business As Usual).

A reconstrução e asfaltamento, previstos pelo PAC – Plano de Aceleração do Crescimento, da Rodovia BR–319, poderão fazer crescer os índices de desmatamentos nas regiões sob sua influência, além da Área de Limitação Administrativa Provisória – ALAP (uma área de 153.995 km^2), modelada por Fearnside *et al.* (2007), ver também Araújo (2008). É o caso, por exemplo, do Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA, localizado nos arredores de Manaus, e também é o caso da Região Sul do Estado de Roraima. Essas áreas poderão ter suas terras invadidas por pessoas vindas de outras partes do Brasil.

O distrito agropecuário foi formado por grandes fazendas no início da década de 1980. Seus proprietários receberam incentivos da Zona Franca para produzirem e abastecer o mercado de Manaus (Fearnside & Graça, 2005). Porém, devido à pobreza dos solos e altos insumos requeridos para a sua fertilização, a maioria dessas propriedades se encontra hoje praticamente abandonadas. O que seria um grande atrativo para uma leva de imigrantes sem

terras e especuladores de todo tipo. Num verdadeiro “efeito dominó”, esse processo poderá se irradiar para as rodovias BR-174 (Manaus/Boa Vista) e AM-010 (Manaus/Itacoatiara) e se espalhar para todas as áreas de influência dessas estradas, ambas já asfaltadas (Fearnside *et al.* 2007).

Hoje essas regiões ainda estão relativamente “protegidas” devido à BR-319 não oferecer condições de tráfego e às próprias imposições adversas da natureza. Mas, uma vez vencidos esses obstáculos, toda a região central da Amazônia e o extremo norte do Brasil estariam sujeitas a ondas de migração (Fearnside & Graça, 2005).

Uma região bastante vulnerável e que poderá sofrer um forte impacto desse contingente de pessoas, caso se concretize a reconstrução e pavimentação da BR-319, é o Sul do Estado de Roraima, que tem sua cobertura vegetal quase toda composta por florestas primárias. Essa região, cortada pela BR-174 no sentido norte/sul e pela BR-210 no sentido noroeste/sudeste, é formada por cinco municípios: Caracaraí, Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe.

O potencial madeireiro para o sul de Roraima foi estimado pelo Projeto Radambrasil (1975), em 219.525.036 m³ e avaliado por Silva (1997) como de fácil acesso, o que poderá torná-la bastante atrativa para as indústrias de beneficiamento de madeiras. E a possibilidade de se adquirir terras com preços mais acessíveis e com solos mais férteis do que aqueles encontrados na Amazônia Central, também são grandes fatores a considerar, de acordo com Fearnside & Graça (2005).

Causas principais do desmatamento no Sul de Roraima

Para MacMillan (1997), a pecuária, agricultura e extração de madeira são os maiores responsáveis pelos desmatamentos em Roraima (ver também Escada & Alves, 2001; Geist & Lambin, 2002; Lambin *et al.*, 2003; Soares-Filho *et al.*, 2004). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008), em 2007 o rebanho bovino efetivo no estado somava 481.100 cabeças. Desse total, 125.600 (26,1%) estavam sendo criadas em pastagens dos cinco municípios do sul de Roraima.

Em 2007, a agricultura somava no Estado, 7.487 ha plantados com culturas permanentes; deste total, 62,1% se concentravam na região sul. Já os cultivos anuais eram da ordem de 41.908 ha plantados no Estado, sendo 17,3% desse total na região sul (IBGE, 2009).

A exploração de madeiras nobres no sul do estado de Roraima se intensificou a partir de 1988, quando a região abrigava cerca de 55% da indústria madeireira instalada no estado

(Barbosa, 1990). De 1984 a 1988, a produção de madeira triplicou, registrando-se um volume explorado de 21.044 m³. Ressaltando-se que em 1984, segundo esse autor, a frente de colonização estava ainda em fase de implantação. Em 2007, a produção de madeira em toras da região sul foi de 53.420 m³, perfazendo um percentual de 43,1% em relação ao total produzido pelo estado, que foi da ordem de 124.020 m³ de madeira em tora (IBGE 2009).

Segundo IBGE (2007), no último censo realizado em Roraima, em 2000, foram contados 324.397 habitantes, desse total 23,85% moravam na zona rural do Estado. Já a população do sul de Roraima foi somada em 47.773 habitantes, sendo que desse total, 48,24% habitavam a zona rural do sul do estado.

Todos esses números relacionados à produção e às taxas de ocupação do solo e população no sul de Roraima, e até do próprio estado, são bastante modestos, mesmo se comparados aos outros estados da Região Norte. Com a reconstrução e o asfaltamento da rodovia BR-319, o fluxo de pessoas vindas para essa região poderá aumentar significativamente. Virão, possivelmente, atraídas pela possibilidade de conseguir sua terra própria e/ou por incentivos dados pelo governo do estado (ver Barbosa, 1993; Mourão, 2003; Fearnside & Graça, 2005). Essa nova situação poderá trazer grandes desequilíbrios sociais e ambientais, inclusive com aberturas de novas fronteiras de ocupação (Soares-Filho *et al.*, 2005).

Dentre esses desequilíbrios, podemos citar o “inchaço” da população urbana, com favelização das periferias das cidades e aumento também da população rural. Tais desequilíbrios podem causar conflitos pela posse da terra: invasões de terras indígenas, invasões de áreas protegidas, grilagens de terras devolutas e exploração madeireira desenfreada; desmatamentos, degradação do meio ambiente, perda de biodiversidade e conseqüente aumento nas emissões de GEE para a atmosfera.

Importância de simulação de Cenários Futuros

Atualmente, um instrumento que vem sendo bastante desenvolvido e que poderá ser utilizado para o auxílio nas tomadas de decisões, é a simulação de cenário futuro (Soares-Filho *et al.*, 2004, 2006). Para se criar cenários futuros são usados modelos de simulação (Soares-Filho *et al.*, 2005, 2006) executados em *softwares* especialmente desenvolvidos para esse fim. Os cenários futuros se prestam a um melhor entendimento dos padrões subjacentes a processos relacionados às dinâmicas de mudanças da paisagem, tanto de fenômenos naturais

como sociais. Para Soares Filho *et al.* (2006), a simulação é vista como um instrumento de aquisição de conhecimento a partir da integração da informação sobre sistemas dinâmicos.

Um cenário futuro não é uma previsão. É uma forma de estudar as implicações dessa ou daquela hipótese sobre as tendências futuras (FBMC, 2002; Meadows, 2007). Segundo Baker (1989), modelos de simulação de mudança da paisagem serviriam para investigar a interação entre processos naturais e analisar estratégias de manejo do meio ambiente. De acordo com Lambin *et al.* (2000); Veldkamp & Lambin (2001) e Verburg *et al.* (2004), dariam, também, suporte às análises das causas e conseqüências da dinâmica de uso da terra, ajudando a compreender a complexa teia de fatores sócio-econômicos e biofísicos que influenciariam a taxa e os padrões da mudança.

Comentando sobre a utilização do software SimAmazônia, que simula cenários futuros para a Amazônia, o site www.amazonia.org.br (2008), disse que estes cenários estariam subsidiando a formulação de novas políticas públicas para a região amazônica. Salientou ainda que, como são voltados à valoração dos serviços ambientais, estaria combatendo o desmatamento e as emissões de carbono na atmosfera.

As causas e a dinâmica dos desmatamentos na Amazônia já são bastante conhecidas (Geist & Lambin, 2004; Ewers & Laurance, 2006). Porém, falta ainda que os tomadores de decisão acatem as recomendações dos pesquisadores e promovam políticas públicas que favoreçam o equilíbrio das relações sociais humanas, evitando assim, maiores prejuízos ao meio ambiente, do qual dependem as gerações futuras, tanto para sua reprodução como sobrevivência.

OBJETIVO GERAL

Prover uma análise dos processos de desmatamento a partir de modelagem da dinâmica dos seus padrões nas mudanças de uso e cobertura da terra e produzir quatro cenários futuros de desmatamento da floresta primária da Região Sul do Estado de Roraima estimando sua biomassa e conseqüente emissão de Carbono para a atmosfera, simulados de 2007 a 2030.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar os principais vetores do desmatamento no sul do Estado de Roraima;
2. Adaptar o modelo AGROECO para a área de estudo.

CAPÍTULO I - Desmatamento no Sul de Roraima: análise da distribuição de ocorrência em função da distância das duas principais rodovias (BR-174 e BR-210), que cortam a região¹

Resumo

Na Amazônia, padrões de desmatamento são resultados das ações de atores sociais inseridos no espaço político-geográfico e podem ser percebidos em escala de paisagem. Devido à grande variedade e mobilidade no tempo e no espaço dos atores envolvidos nos processos de desmatamento, o estudo de seus padrões resultantes se faz extremamente complexo, porém necessário para auxiliar na formulação de medidas de contenção. Na Amazônia brasileira, em uma escala regional, geralmente esses padrões estão associados a Projetos de Assentamento (PAs) e obras de infra-estrutura assim como estradas. Para esse trabalho foram utilizados dois *buffers* de 20 km de largura subdivididos em oito faixas de 2500 m cada um, ao longo das duas principais rodovias que cortam o sul do Estado de Roraima: BR-174 e BR-210. As análises foram realizadas para o período entre 2001 e 2007 utilizando os dados de desmatamento anual do PRODES em arquivos *shapefile*, arquivos *shapefile* da malha viária de estradas e dos PAs do Sul do Estado de Roraima, aliados a observações de campo. Com isso procuramos identificar processos e padrões de distribuição de desmatamento ocorrentes dentro das áreas de *buffer* e de entorno dos *buffers*, nas duas sub-regiões de influência das rodovias, que pudessem revelar a dinâmica de mudanças na cobertura florestal e de uso da terra na região sul como um todo. Nossa análise mostra que os PAs da região Sul de Roraima foram responsáveis por 53,3% dos desmatamentos ocorridos entre os anos de 2001 a 2007 e de 77% do desmatamento acumulado até 2007 na região como um todo. Esses desmatamentos estão fortemente relacionados com a disponibilidade de estradas e com o número de habitantes em seu interior. Na área de influência da rodovia BR-210, formada pelos municípios de São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe, o desmatamento realizado entre 2001 e 2007, foi quase duas vezes (~1,9) maior do que o verificado na área de influência da rodovia BR-174, formada pelo município de Rorainópolis, no mesmo período. Isso por conta de padrões de ocupação e uso da terra existentes na área de influência da BR-210 devido, principalmente, à derrubada de grandes áreas de floresta por grandes fazendeiros para criação de novas pastagens para o gado ao longo dos anos. E em menor grau, com maior distribuição no tempo e no espaço, ocorrem os desmatamentos causados por pequenos agricultores familiares. Porém, com fins especulativos, fazendeiros, grileiros e pequenos posseiros, acobertados por autoridades locais, vêm demarcando e distribuindo terras públicas no final de estradas vicinais de PAs, alongando-as sistematicamente para dentro da floresta. Tal processo produz um padrão de desmatamento característico, semelhante a padrões de “contágio”, aonde polígonos de desmatamento dos anos posteriores vão se juntando aos dos anos anteriores, resultando em polígonos maiores de desmatamento acumulado no final de alguns ciclos ou anos. Esse padrão sistêmico faz com que haja sempre demanda por novas áreas de florestas para serem cortadas para dar lugar, finalmente, a mais pastagens. Já a área de entorno da BR-174 engloba quase 100% da área de todos os PAs, de toda malha viária e, conseqüentemente, de todo o desmatamento verificado na região de Rorainópolis até a presente data. A sede municipal de Rorainópolis abriga, atualmente, o maior pólo madeireiro da região sul de Roraima e está situada dentro do Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) Anauá. Aqui o processo de concentração fundiária existe, porém é menos intenso que aquele

¹ Este capítulo está escrito conforme normas da revista *Forest Ecology and Management*.

observado ao longo da área de influência da BR-210 e há ainda nos PAs a predominância de pequenos proprietários rurais. Acreditamos que o pólo madeireiro pode ter influenciado na formação de polígonos de desmatamento menores do que aqueles verificados na área de influência da BR-210 através da compra de madeira licenciada por autorizações de corte concedidas pelo órgão ambiental do Estado aos pequenos agricultores até 2007. Essa indução pode ter sido fortalecida, nos últimos anos, com a pressão exercida por madeireiros vindos do sul do Pará, Rondônia e Acre para a exploração florestal em Roraima. Isso é possível devido à relação inversa entre os períodos chuvosos desses Estados da borda Sul da Amazônia e Roraima, localizado, quase que na sua totalidade, acima da linha imaginária do Equador. Os Projetos de Assentamento são importantes vetores de desmatamento na região Sul de Roraima, por abrigarem grande parte da malha viária secundária. Os *buffers* de 20 km de largura, juntamente com as faixas de distância de 2500 m, aplicados em ambas as rodovias, foram eficazes para ajudar a entender os processos e padrões de distribuição do desmatamento ocorrentes na região sul como um todo. E o desmatamento ocorrido na área de influência da BR-210 durante o período analisado foi causado predominantemente por grandes proprietários de terras, ao passo que o desmatamento ocorrido na região de Rorainópolis (BR-174) foi causado predominantemente por pequenos agricultores rurais. A forte presença de madeireiros vindos de fora da região para a exploração florestal, e conseqüente pressão por madeiras licenciadas, podem ter influenciado, de maneira indireta, na formação de polígonos de pequenas áreas na região de Rorainópolis. O quadro de desmatamento no Sul de Roraima hoje, com expansão rápida de estradas endógenas e desmatamento num contexto de ocupação e exploração madeireira desordenada, indica um grande potencial para aceleração do desmatamento e abertura de novas fronteiras de assentamento se o fluxo de migrantes para a área aumentar. Este seria um impacto esperado com a abertura da rodovia BR-319 (Manaus – Porto Velho) ligando Roraima ao “Arco do Desmatamento” no sul da região Amazônica.

Palavras chave: Desmatamento na Amazônia, exploração madeireira, projetos de assentamento, ocupação ilegal de terras.

Introdução

Na Amazônia, padrões de desmatamento resultam da ocupação do território e da exploração dos recursos naturais através da conversão da cobertura florestal e da sucessão de da posse da terra por atores sociais, em diferentes escalas geográficas e ao longo do tempo. Na Amazônia brasileira, em escala regional, geralmente esses padrões estão associados a Projetos de Assentamento (PAs) e obras de infra-estrutura assim como estradas.

De acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (2007), existem 48 PAs atualmente no interior do Estado de Roraima, situados dentro de uma faixa aproximada de 100 km, abarcando as principais estradas e rodovias que cortam o Estado de Norte a Sul. Desses 48 assentamentos, 22 (45,8%), pertencem aos municípios do Sul do Estado de Roraima, abrigando, por sua vez, 1.802 km de estradas da malha viária da região (57,1%) e 8.173 famílias assentadas até 2007 (INCRA, 2007). E de acordo com Pinto et al. (2007), até o ano de 2005, cerca de 40% das áreas de assentamentos rurais de Roraima, estavam situadas sob floresta ombrófila densa no sul e sudeste do Estado.

Entre 1955 e 1981, todo sul e sudeste do Estado de Roraima pertenciam unicamente ao município de Caracará (Mourão, 2003). Daí então, os atuais municípios do sul de Roraima foram sendo formados a partir da criação de PAs naquele município (Barbosa, 1993a; Pinto et al., 2007). Esse processo pode ser visto ainda hoje ao longo da BR-174, nos municípios de Rorainópolis e Caracará, com a formação de várias vilas localizadas próximas ou dentro de PAs. Também ao longo da BR-210 se verifica esse processo de formação de vilas naqueles municípios. Em São Luiz do Anauá a Vila Moderna, no município de São João da Baliza a criação recente do PAs São Luizão e a Vila São Luizão dentro dele e, por último, a vila Entre-Rios, localizado no município de Caroebe.

Estas localidades poderão vir a se tornar novos municípios num futuro não muito distante. Segundo Heder (2008), há um projeto de autoria de um senador por Roraima, tramitando na câmara federal que permitirá, se aprovado, a criação pelos estados de novos municípios. De acordo com esse autor, Roraima poderá ganhar seis novos municípios com essa lei, sendo três deles localizados na região sul do Estado: Santa Maria do Boiaçú e Nova Colina, pertencentes atualmente ao município de Rorainópolis e Novo Paraíso, pertencente ao município de Caracará.

Projetos de Assentamento

Segundo a Fundação do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima – AMBITEC, (1994) houve um refluxo na população do Estado de Roraima logo após o fechamento do “garimpo” nas Terras Indígenas (TI) pelo governo federal em 1990. De acordo com Mourão (2003), a partir dos anos 1990 as taxas anuais de crescimento demográfico em Roraima caíram drasticamente, passando de 9,6% no período de 1980-1991 para 2,8% entre 1991-1996. As taxas de crescimento voltam a subir a partir de 1995/1996, ainda segundo a autora, devido aos esforços do governo estadual em reordenar e dinamizar a política de assentamentos na região. Esse esforço teria sido dirigido no intuito de promover melhorias na infra-estrutura dos assentamentos com aberturas de novas estradas vicinais, expansão de PAs já criados e na criação de novos projetos de assentamentos (Mourão, 2003).

Um estudo do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON (Brandão Jr. & Souza Jr., 2006), entre 1997 e 2004, abrangendo 343 PAs na Amazônia brasileira, mostrou que as taxas de desmatamento ocorridos dentro dos PAs, de 1,6% ao ano, foram quatro vezes maiores daquelas ocorridas na Amazônia como um todo (0,4%), no mesmo período analisado. No sul de Roraima, os PAs foram responsáveis por cerca de 77% dos desmatamentos acumulados até o ano de 2007 (PRODES, 2008), com taxas de desmatamento *per capita* cerca de 3,4 vezes maiores do que fora deles neste período.²

A questão fundiária em Roraima

Brito & Barreto (2009) listaram quatro princípios para orientar o processo de regularização fundiária na Amazônia. Estes seriam:

- ✓ Regularizar ocupações privadas considerando e respeitando outros direitos prioritários na legislação (ex: Terras Indígenas) e interesses públicos (ex: conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais);
- ✓ Eliminar subsídios perversos derivados do uso gratuito da terra pública;
- ✓ Evitar políticas contraditórias entre governos (federal e estadual) e entre órgãos da mesma esfera de governo; e

² O Superintendente do INCRA, em Comunicação pessoal, informou que apenas 14,6% dos PAs (sete) estariam registrados nos cartórios da capital. E que até 2003 a média de ocupação efetiva dos PAs seria de 38%, salientando que a alta rotatividade causava um sério problema de gerenciamento no sistema, pois o INCRA trabalharia com metas anuais de assentamento de famílias.

- ✓ Atuar com transparência para a sociedade civil.

Em Roraima, além dos fatores comuns vistos em outros estados da região amazônica, no que diz respeito à regularização da posse e ocupação da terra (Fearnside, 1989; Oliveira, 2005; Brandão Jr. & Souza Jr., 2006; Barreto et al., 2008a, Brito & Barreto, 2009), essa questão esbarrava na Legislação Federal que proibia a transferência de terras da União para os estados, com exceção daqueles para fins de reforma agrária (Aquino, 2009). Isso porque o governo federal ainda não havia repassado as terras da União arrecadadas ao Estado de Roraima pelo INCRA quando este passou de Território Federal para um Estado da federação em 1988 (Folha de Boa Vista, 2007a,b).

De acordo com o relatório para o Zoneamento Econômico Ecológico – ZEE de Roraima, na opinião de empresários entrevistados na capital e de alguns políticos locais (Folha de Boa Vista, 2007a,b), esse fato estaria dificultando o desenvolvimento do Estado, pois não teria como o governo do Estado fazer o planejamento dos futuros usos da terra em Roraima sem a devolução dessas áreas pela União.

O Relatório do ZEE de Roraima informa que a falta de política de ordenamento e a deficiência na política de assentamentos agrícolas de ocupação em Roraima causariam uma série de problemas. Dentre eles o relatório cita: invasões de terras públicas, falta de titulação da terra, abandono de lotes pelos colonos e sua substituição (rotatividade), venda de lotes e a concentração de posse da terra dentro dos PAs e a conseqüente degradação ambiental.

Sobre a questão da sucessão de posse da terra no sul do Estado de Roraima, Mourão (2003), constatou que até o ano de 1998 apenas 31% dos 109 colonos entrevistados no PA Jatapú, localizado no município de Caroebe, eram seus primeiros donos desde a data de criação do PA, em 1983 (INCRA, 2007). Naquela ocasião, Mourão (2003) relatou que 45% dos assentados possuíam de 2 a 3 lotes de terras e que 15% possuíam mais de três lotes. Brondízio & Moran (2007), analisando taxas de *turnover* (rotatividade), em lotes de PAs em três municípios do Estado do Pará, descobriram que apenas 34,9, 25,8 e 23,7% dos lotes permaneceram com o mesmo dono em cada município, respectivamente, desde a chegada das famílias nos lotes.

Mourão (2003) denuncia que os PAs mais recentemente criados no sudeste de Roraima (Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe) seriam conduzidos por políticos e madeireiros (Ver também Barbosa, 1993a). Para a autora, estes territórios seriam, portanto, de domínio político e econômico.

Futuras mudanças na regularização fundiária na Amazônia podem acelerar a concentração de terras e a apropriação de terras públicas por grileiros. A Medida Provisória

(MP) 458/2009 tem sido criticada por muitos pesquisadores ao estabelecer equivalência entre posseiro e grileiro de terras (Brito & Nader, 2009) e por permitir a regularização de terras públicas ocupadas em até 1500 ha (Brito & Barreto, 2009). Com a aprovação da MP nestes termos haveria a possibilidade de trazer alguns riscos embutidos de legalizar condutas criminosas, como a grilagem de terras públicas, e o de favorecer um novo ciclo de expansão da fronteira predatória (Folha de São Paulo, 2009).

Aspectos sócio-econômicos do Sul do Estado de Roraima

Para se entender a organização econômica do sul e sudeste de Roraima é essencial analisar a política de colonização na região, a composição da população e o grau de adaptabilidade dos imigrantes (Mourão, 2003). Mourão (2003) explica que os padrões resultantes de degradação do meio ambiente pelos desmatamentos, mau uso do solo e pela ocupação desordenada da região, seriam motivados pela origem dos colonos e por programas de colonização movidos por interesses políticos (Barbosa, 1993a) e de segurança nacional. No caso da origem dos imigrantes para o sul de Roraima, Mourão (2003) também afirmou que aqueles que vieram do sul do Brasil teriam maior experiência, já teriam passado por outras fronteiras, enquanto os que tinham vindo do nordeste brasileiro, em sua ampla maioria, desconheciam práticas agrícolas. Isto porque, explica a autora, esses imigrantes foram para Roraima, inicialmente, atraídos pelos garimpos, vindo a se estabelecer como sitiante e colonos após o fechamento destes pelo governo Fernando Collor de Mello em 1990. A maioria dos nossos entrevistados nos PAs (68%) tinham como local de origem o norte e nordeste do Brasil.

É comum encontrar nas áreas de assentamentos no Sul de Roraima o predomínio de culturas anuais e bananicultura no final das estradas vicinais (Fig. 1). No fim do ciclo de produção da banana, geralmente entre três a cinco anos, segundo o presidente da Cooperativa Agropecuária de Agricultores (as) Familiares de Caroebe – COOPARFAC haveria o abandono da terra pelo agricultor ou o semeio de capim para a formação de pastagem.

Dessa forma, as mudanças de uso e cobertura da terra no sul de Roraima estão fortemente motivadas para essas atividades econômicas primárias (Fig. 2), que por sua vez, tende a ser substituída por pastagens com o seu declínio produtivo. Mourão (2003) destaca que a penetração da exploração agropecuária na floresta seguiria um padrão de ocupação massiva da região, de forma pioneira, inicialmente com a extração da madeira, depois o estabelecimento de cultivos e finalmente, com a formação de pastagens.



Fig. 1. Carregamento de caminhão de bananas (a e b) na vicinal 35 para o mercado consumidor de Manaus, no PA São Luizão, município de São João da Baliza.



Fig. 2. Plantio de bananas, ao fundo, no travessão que liga a vicinal 011 com a 09, em Caroebe, ao lado de uma área queimada recente em (a) e em (b), a mesma área e ao fundo (b), morte das árvores da borda devido ao forte calor proveniente da queima da biomassa e invasão do fogo na área de mata nativa.

Alternativas econômicas para a região Sul de Roraima

Mourão (2003), comentando sobre a criação do PA Jatapú, em Caroebe, e a política de créditos disponíveis para os assentados, afirmou que esta, apesar de beneficiar cerca de 74% dos colonos instalados à época, não teria sido correta. Isto porque, segundo a autora, houvera interferências políticas nas distribuições dos créditos, falta de fiscalização e falta de assistência técnica adequada aos colonos. Esses fatores, somados com a falta de professores e técnicos de saúde para assistirem os assentados, além da falta dos equipamentos necessários

para equipar essas unidades, contribuiriam para que os colonos abandonassem ou vendessem seus lotes. Pinto et al. (2007) comentam, em seu estudo do potencial florestal e oportunidade de manejo das florestas do Sul do Estado de Roraima, que a produção florestal de Roraima seria sub-aproveitada e inexpressiva diante do potencial reconhecido daquela floresta.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA e a Comissão de Implantação de Ações Territoriais – CIAT (MDA, 2008), atualmente, os cinco municípios que compõem região Sul de Roraima, Caracaraí, Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe, fariam parte de uma das 60 sub-regiões delimitadas pelo governo Federal. A estratégia dessa abordagem de subdividir o território nacional, segundo o MDA, seria de promover o desenvolvimento a partir de iniciativas locais, procurando as “vocações naturais”, particulares de cada região (Sachs, 2002). Dentro desta perspectiva, e com assessoria do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, já teriam sido criados na região um projeto de unidade demonstrativa de Manejo Florestal de Uso Múltiplo, de ovino-caprino-cultura e um projeto de piscicultura em Rorainópolis.

No âmbito desse projeto e em parceria com o governo do Estado, teriam sido construídos cem açudes em estradas vicinais do PAD Anauá (Fig. 3) e teria sido beneficiado o mesmo número de famílias. O MDA também teria financiado projetos de capacitação dos beneficiados através de oficinas profissionalizantes (MDA, 2008).



Fig. 3. Um dos 100 tanques para piscicultura instalados ao longo das estradas vicinais de Rorainópolis.

A extração madeireira

Veríssimo et al. (2002) comentam que o crescimento econômico dos pólos madeireiros em áreas de fronteira de colonização na Amazônia seria rápido e efêmero. Essas áreas se caracterizariam por um período de *boom* e, em seguida por, colapso (ver também Rodrigues et al., 2009). Barbosa (1990) relata que o pólo madeireiro do Sul de Roraima era localizado entre os municípios de São João da Baliza e São Luiz do Anauá, cidades localizadas ao longo da BR-210. Isso foi devido àquela região possuir, na ocasião, o maior estoque de madeiras, sendo disponibilizado pela abertura de PAs (Albuquerque et al., 2004; Brandão Jr. & Souza Jr., 2006). Porém, segundo Barbosa et al. (2008), o pólo madeireiro se deslocou, a partir da década de 1990, para Rorainópolis, cidade sede do município de mesmo nome, situada às margens da BR-174 e dentro do Projeto de Assentamento Dirigido – PAD Anauá. A transferência foi possível devido ao fácil transporte dos produtos para os mercados de Manaus e Boa Vista e pela disponibilidade de madeiras em novas frentes abertas pela colonização no Sul do Estado (Barbosa et al., 2008) e devido ao declínio dos estoques verificados anteriormente no pólo localizado às margens da BR-210.

Dentre outros aspectos importantes relacionados com as atividades de exploração e comercialização de madeiras em Rorainópolis (constatados na visita de campo) está a forte presença de madeireiros vindos anualmente de fora de Roraima para a exploração florestal. Os entrevistados fizeram frequentes denúncias de corrupção na comercialização, extração e transporte de madeira por madeireiros.

Em Rorainópolis, madeireiros transportariam toras para as serrarias à noite para burlar a fiscalização. Esses madeireiros usariam uma mesma guia do Documento de Origem Florestal – DOF para transportar várias cargas de madeira em tora das áreas em exploração ao pátio das serrarias, apresentando o DOF apenas se a fiscalização os parasse para averiguações. Já as empresas madeireiras “esquentariam” (regularização de forma fraudulenta) essa madeira irregular através de grandes planos de manejos licenciados pelos órgãos ambientais. Esse expediente serviria também para justificar o grande volume de toras em seus pátios perante a fiscalização. O setor madeireiro fazia pressões através de políticos e do governador sobre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA para que esse “aliviasse” a fiscalização sobre as atividades das madeireiras.

Em Rorainópolis, particularmente, esse quadro é agravado ainda mais devido à pressão exercida por madeireiros vindos de fora de Roraima para a exploração florestal (Fig. 4). Considerando que o período chuvoso em Roraima não coincide com aquele na borda sul

da Amazônia, devido à maior parte de Roraima estar localizado acima da linha do Equador, todos os anos madeireiros do sul do Pará, Rondônia e Acre vêm explorar madeiras no Estado.



Fig. 4. Caminhão com placas de Rondônia transportando toras para a indústria de beneficiamento de madeiras no sul do Estado.

Os madeireiros vindos da borda sul da Amazônia teriam melhores e mais modernos equipamentos de extração florestal do que os madeireiros locais. Por essa razão e pelo fato de oferecerem maiores prazos de pagamento às serrarias por seus serviços, esses madeireiros teriam a preferência da indústria local na contratação para a exploração dos seus projetos de manejo. Aos madeireiros locais e a outros pequenos madeireiros independentes, também vindos de fora, restariam apenas a possibilidade de trabalhar com as serrarias de pequeno porte. Dessa forma, competiriam junto aos pequenos agricultores por madeiras legalizadas através de autorizações de corte³ concedidas pela Fundação Estadual de Meio Ambiente e de Ciência & Tecnologia – FEMACT. Nas operações de fiscalização na região sul, freqüentemente a FEMACT multaria motoristas provenientes de Rondônia transportando cargas irregulares de madeiras.

³ Autorizações de Corte: Documento expedido aos pequenos agricultores rurais para o aproveitamento da madeira que seria cortada nos desmatamentos legalmente autorizados pela FEMACT.

Esses fatos geraram instabilidade no setor, provocando conflitos e denúncias envolvendo madeireiros e pequenos agricultores. A situação ficou tão severa que a FEMACT expediu uma portaria suspendendo as licenças de corte até setembro de 2008, enquanto apurava as irregularidades apontadas pelas partes envolvidas. Como observou um fiscal da FEMACT em Boa Vista, os pedidos de autorizações de corte eram tantos que a fundação conseguiria liberar apenas 30% dos pedidos que chegavam até o órgão.

Objetivos do Estudo

Como visto acima, os processos e padrões de desmatamento em Roraima e mais precisamente no Sul do Estado, estariam fortemente ligados à abertura de PAs, invasões de terras públicas e exploração madeireira desordenada, com conseqüente agravamento das questões fundiárias. Neste contexto, os PAs e as áreas de invasões forneceriam a madeira para alimentar a indústria madeireira e se auto financiar para a derrubada da floresta na abertura dos lotes. A indústria retribuiria com a construção de uma rede de estradas que possibilitasse o escoamento da produção agrícola e servisse de acesso aos pequenos agricultores assentados nos PAs e nas posses demarcadas irregularmente.

Atualmente, com o aumento da fiscalização voltada mais para os “desmatadores” de grandes áreas, no futuro, o desmatamento poderá vir a ser mais fragmentado ou praticado cada vez mais em menores áreas. Portanto, um tipo de análise, mais “regionalizada” ou localizada, poderá ganhar maior importância nos estudos de avaliação de impactos ambientais relacionadas à dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra na Amazônia.

Assim, esse trabalho teve como objetivos: a) analisar as ocorrências de desmatamento anual e sua distribuição espacial em função da distância das duas principais rodovias que cortam o Sul do Estado de Roraima, entre os anos de 2001 a 2007; b) associar o desmatamento ocorrido aos processos da dinâmica de mudanças de uso e cobertura da terra na área de estudo. O estudo serviu também como base na captação de parâmetros confiáveis para as rodadas de simulação do desmatamento na região Sul do Estado de Roraima executadas pelo modelo **Agroeco** (Fearnside et al., 2009), utilizando o arcabouço operacional do *software* Dinamica-EGO®.

Material e Métodos

Localização da Área de Estudo

A presente área de estudo compreende uma subárea da região Sul do Estado de Roraima (Fig. 5) e engloba quatro municípios: Rorainópolis, cortado pela BR-174 (Manaus - AM/Boa Vista - RR), São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe, cortados pela BR-210 (Perimetral Norte). Excluindo-se, portanto, da região sul, apenas o município de Caracarái. O recorte totaliza uma área de 51.814 km², 52% da região sul.

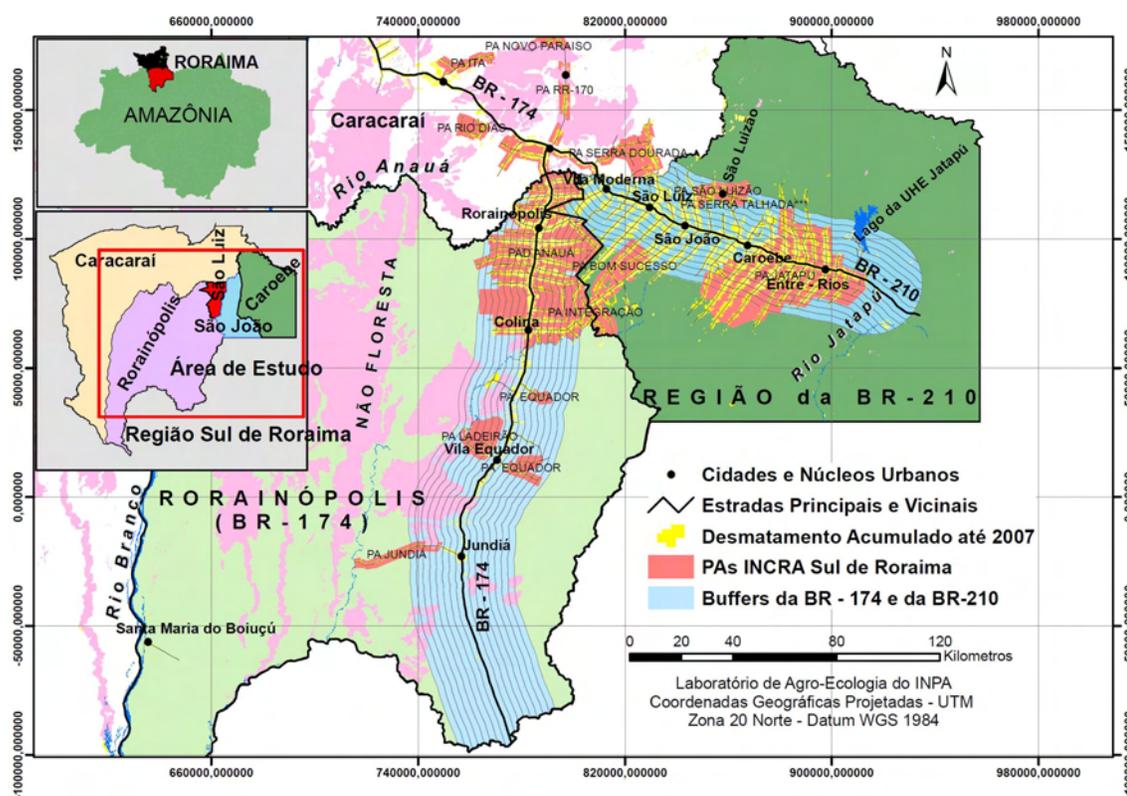


Fig. 5. Localização da área de estudo abrangendo parte da região Sul do Estado de Roraima e formada por quatro municípios: Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe.

Fonte: Dados de desmatamento: INPE (PRODES, 2008).

A rodovia BR-174 atravessa o Estado de Roraima no sentido Norte/Sul, ligando Manaus/AM a Pacaraima/RR, fronteira com a Venezuela. Dos 971 km de sua extensão, 716,8 km estão em Roraima e integram a rodovia Pan-Americana. No Estado, ela se divide em dois trechos: da divisa com o Estado do Amazonas até Boa Vista, com 503,6 km, e de Boa Vista a Pacaraima, com 213 km (Fundação do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima - AMBTEC, 1994). Esta rodovia se encontra hoje totalmente asfaltada. Na área de *buffer*, a BR-174 mede

134,2 km, desde a divisa do Estado de Roraima com o Amazonas, dentro da TI Waimiri Atroarí, ao sul, alcançando a divisa com o município de Caracaraí, formada pelo rio Anauá e situada ao norte da área de *buffer*.

A rodovia BR-210 (Perimetral Norte, que era prevista para ligar o Oceano Atlântico ao Pacífico no âmbito do Programa de Integração Nacional – PIN, dos governos militares), tem uma extensão de 480,9 km dentro do Estado de Roraima. Tendo a direção Leste/Oeste, vai do rio Jatapú, no município de Caroebe, a leste, à divisa com o Estado do Amazonas, situada no município de Caracaraí, a oeste (AMBTEC, 1994; Albert, 1997).

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde – FUNASA (1991), de 1973 a 1976, foram construídos mais de 200 quilômetros da rodovia Perimetral Norte cortando a parte sul da Terra Indígena Yanomami. O trecho iniciava desde sua intersecção com a rodovia BR-174, próximo a Caracaraí, terminando dentro do Estado do Amazonas. Esse fato permitiu que houvesse uma grande contaminação por doenças em praticamente todas as aldeias da área, disseminadas pelos peões das obras de construção da estrada, além de levar prostituição e mendicância ao vale do rio Ajarani. A população indígena desses lugares foi devastada por grandes epidemias de gripe e sarampo nos anos seguintes (FUNASA, 1991; Albert, 1997).

Na área de *buffer*, a BR-210 mede 115,6 km, indo do rio Anauá, que faz a divisa entre o município de São Luiz do Anauá e Caracaraí, ao rio Jatapú, situado no município de Caroebe. Nessa parte da rodovia, o asfalto vai apenas até a sede municipal de São João da Baliza, a 67,5 km do rio Anauá, restando, portanto, cerca de 50 km a serem asfaltados, da sede ao rio Jatapú.

Material

Para as análises, utilizaram-se os dados de desmatamento do período 2001 a 2007 fornecido pelo Programa de Monitoramento do Desmatamento - PRODES (INPE, 2008), em formato vetorial (*shapefile*), com resolução espacial de 60 metros, da região Sul do Estado de Roraima. A informação cartográfica dos Projetos de Assentamento da região Sul de Roraima foi obtida de INCRA (2007) e a representação da malha viária pertencente à região Sul de Roraima, foi extraída dos dados do SIPAM (2007), para a Amazônia Legal. Os dados cartográficos sobre as áreas de Terras Indígenas (TI) e de Unidades de Conservação (UC) da região Sul de Roraima, bem como os arquivos vetoriais dos limites municipais, também foram obtidos do SIPAM (2007).

O termo “PAs”, acrônimo para Projetos de Assentamento, será designado para se referir a todas as modalidades de projetos de assentamentos instituídos pelo INCRA na área de estudo, uma vez que se observa mais de uma categoria para a região.

Metodologia

Em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas – SIG, do programa computacional ArcGis 9.1, foram criados dois *buffers* de 20 km de largura de faixa ao redor das principais rodovias contidas na área de estudo, um para a rodovia BR-174 e outro para a rodovia BR-210. Os dois *buffers* foram então subdivididos em oito faixas de 2.500 metros no sentido do seu comprimento.

O primeiro *buffer*, denominado “Região da BR-174”, foi restrito ao município de Rorainópolis e o segundo, denominado “Região da BR-210” foi restrito aos municípios de São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe.

A largura da faixa maior, de 20 km de ambos os lados das duas rodovias, foi determinada por incluir grande parte da malha viária secundária e áreas de projetos de assentamento localizados ao longo das BR-174 e BR-210 nas duas regiões que formam a área de estudo.

Para proceder às análises do desmatamento ocorrido no período de 2001 a 2007, os dados de desmatamento do PRODES (INPE, 2008), foram padronizados excluindo-se polígonos menores que três hectares (ha). Polígonos muito grandes, representando “aglomerados” (reunião de vários polígonos menores em um só), também foram excluídos. Estes aglomerados, provavelmente, são “artefatos” resultantes da metodologia do PRODES (INPE, 2009a). De acordo com essa metodologia imagens de satélite com grande cobertura de nuvens que impossibilite a quantificação do desmatamento em um determinado ano, são computados junto aos desmatamentos dos anos seguintes. Isso conforme a possibilidade de visualização e detecção de desmatamento nas imagens dos anos seguintes daquele mesmo lugar. Ao todo foram excluídos 26,9 km² (10%) de área desmatada do *buffer* da BR-174 e 21,9 km² (4,7%) do *buffer* da BR-210.

A rede de estradas da área de estudo, derivada do SIPAM (2007), criado originalmente em 1998, foi atualizada a partir da edição manual de imagens Landsat TM, resolução espacial de 30 metros, para o ano de 2007. Estas imagens foram obtidas a partir dos dados disponibilizados pelo PRODES (INPE, 2008).

A seguir foram quantificadas as ocorrências e áreas totais (km²) dos polígonos de desmatamento e comprimento de estradas (km) ocorridas dentro de cada sub-região da área de estudo. Posteriormente, verificaram-se as ocorrências de polígonos de desmatamento no interior do *buffer* e suas faixas de distância, assim como em áreas de PAs, pertencentes a cada sub-região.

Também foram verificados o tamanho médio (ha) e o Desvio Padrão (DP) dos polígonos de desmatamento ocorrentes nas duas áreas de *buffer*. Para determinar quais agentes eram responsáveis pelo desmatamento ocorrido, os polígonos foram divididos em 10 classes de tamanhos. As classes iniciaram com polígonos maiores ou iguais a três hectares, variando crescentemente em intervalos de três ha, sendo a maior classe representada por polígonos > 30 ha. O procedimento se repetiu para as duas sub-regiões, presumindo-se que pequenos agricultores rurais desmatam áreas médias iguais ou menores que 13,4 ha e que grandes proprietários desmatam áreas médias maiores que 13,4 ha.

Excursões de campo

Inicialmente foi realizada uma excursão de campo entre os dias 30 de Novembro e 16 de Dezembro de 2007. Esta consistiu de visita a órgãos governamentais sediados em Boa Vista e também no Sul do Estado (Fig. 6). Em Boa Vista foram visitados os principais órgãos governamentais do Estado e do Governo Federal ligados a questões ambientais e de fiscalização e entidades da sociedade civil organizada (Anexo A). Posteriormente, também foram registradas as exposições dos entrevistados referentes à atuação de cada órgão em relação ao Sul do Estado, para melhor compreensão dos arranjos institucionais na região.

Ainda no sul, nos cinco municípios que formam a região, foram entrevistados pequenos agricultores, proprietários de lotes de assentamentos, madeireiros, dirigentes de associações rurais e de cooperativas, posseiros e grileiros de terras. As entrevistas, tanto na capital como no sul, tiveram caráter informal, consideradas semi-estruturadas, conforme Verdejo (2006).

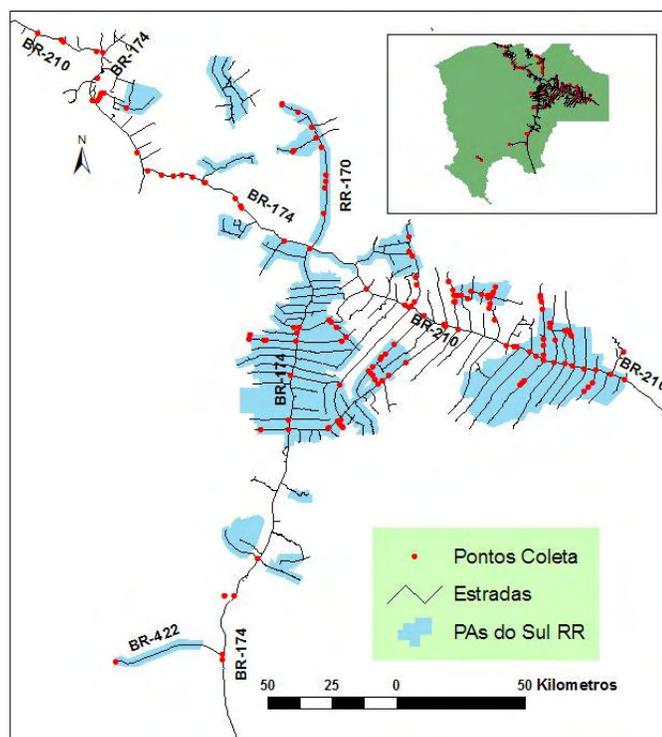


Fig. 6. Pontos de coletas de informações captados ao longo das principais rodovias, estradas vicinais e de PAs visitados na região Sul do Estado de Roraima.

Resultados

Estradas

A extensão total das estradas vicinais da região da BR-174 foi de 1.014 km, com 971 km (95,8%) abarcados pelo *buffer*. Por sua vez, na região da BR-210, contabilizou-se uma extensão de 1.088 km de estradas vicinais, das quais 84,7% (922 km) do total encontravam-se no interior da área de *buffer* (Tabela 1).

Considerando-se as estradas localizadas no interior das áreas de PAs região da BR-210, estas totalizaram uma extensão de 699 km. Já nos PAs da região da BR-174, este total foi maior, apresentando 867 km de estradas vicinais. Considerando-se apenas as áreas de PAs que estão no interior dos *buffers*, estas apresentaram 80,9% (820 km) do total de estradas vicinais do *buffer* da BR-174 e 51,7% (563 km) do total de estradas vicinais do *buffer* da BR-210 (Tabela 1).

Tabela 1. Estradas vicinais (km) nas áreas de influência das BR-210 e BR-174, no Sul de Roraima

Estradas vicinais	BR-210	%	BR-174	%	Total
Total de vicinais (sem as BRs)	1.088	100,0	1.014	100,0	2.102
Estradas Vicinais dentro Buffer	922	84,7	971	95,8	1.893
Estradas Vicinais PAs	699	64,3	867	85,6	1.566
Estradas Vicinais PAs dentro Buffer	563	51,7	820	80,9	1.383

Desmatamento nas áreas de buffers

O maior número de ocorrências de polígonos de desmatamento, para os dois *buffers*, foi registrado no ano de 2001, sendo 936 polígonos para o *buffer* da BR-174 e 1.197 polígonos para o *buffer* da BR-210. Neste mesmo ano se registrou também a maior área desmatada acumulada (Fig. 7) em ambos os *buffers*: 89 km² para o *buffer* da BR-174 e 149 km² para o *buffer* da BR-210.

O desmatamento total acumulado para o *buffer* da região de Rorainópolis (BR-174) entre 2001 e 2007 foi de 237 km², com tamanho médio por polígono de 9,4 ha e DP de 13,8 ha, sendo 3.170 o total de ocorrências. O desmatamento no *buffer* representou 83,6% de desmatamento ocorrido no município de Rorainópolis no período (Tabela 2). A Tabela 2 mostra também o desmatamento acumulado até 2007 com o percentual em relação à área de cada sub-região.

Para o *buffer* da BR-210 a área total de desmatamento somou 441 km², sendo 12,4 ha (\pm 17,8 ha) de média por polígono, sendo 4.283 o total de ocorrências. Essa área desmatada representou 69,8% do desmatamento ocorrido na área de influência da BR-210 no período.

TABELA 2. Tamanho das áreas e desmatamento ocorrente (km²) nas áreas de influência das BR-210 e BR-174

Áreas (km²)	BR-210	%	BR-174	%	Total
Regiões de influência	17.964	100,0	33.850	100,0	51.814
Desmatamento Acumulado	1.820	10,1	1.011	3,0	2.830
Desmatamento 2001 a 2007	632	34,7	284	28,0	916
<i>Buffers</i>	4.995	27,8	8.696	25,7	13.691
Desmatamento Buffer 2001 a 2007	441	69,8	237	83,6	678



Fig. 7. Desmatamento entre 2001 e 2007 somando-se as ocorrências nos cinco municípios do Sul do Estado de Roraima.

Desmatamento nas áreas de PAs

As áreas de PAs pertencentes à sub-região de Rorainópolis (BR-174) totalizaram 2.528 km², sendo que 93,4% (2.362 km²) deste total encontravam-se no interior da área do *buffer* ao redor da BR-174. Na região de influência da BR-210 as áreas de PAs totalizaram 2.213 km², com 69,5% (1.539 km²) inclusos no *buffer* da rodovia BR-210 (Tabela 3).

Os PAs de Rorainópolis acumularam 765 km² de desmatamento até 2007, representando 30,3% em relação as áreas de PAs da sub-região. Desse desmatamento 29,2% (223 km²) foram desmatados no período entre 2001 a 2007 (Tabela 3).

Já os PAs da região da BR-210 acumularam 777,4 km² de área desmatada até 2007, representando 35,1% das áreas de PAs da sub-região. Sendo 44,9% (349 km²) desse desmatamento ocorrendo entre 2001 e 2007 (Tabela 3).

As áreas de PAs inclusas no *buffer* da BR-174 acumularam 206,7 km² em área desmatada de 2001 a 2007 e os PAs da BR-210 acumularam 239 km² no mesmo período analisado (Tabela 3). As taxas anuais de desmatamento entre 2001 e 2007 foram de 33,9 km² para a BR-174 e de 62,9 km² para a BR-210.

Tabela 3. Tamanho das áreas de PAs (km²) nas duas sub-regiões e dentro dos *buffers*, desmatamento acumulados (km²) nos PAs e comprimento de estradas (km)

Áreas (km²)	BR-210	%	BR-174	%	Total
PAs	2.213	12,3	2.528	7,5	4.741
Desmatamento Acumulado PAs	777	35,1	765	30,3	1.542
Desmatamento PAs 2001 a 2007	349	44,9	223	29,2	572
PAs dentro do <i>Buffer</i>	1.539	30,8	2.361	27,1	3.900
Desmatamento dentro Pas e <i>Buffer</i> 2001 a 2007	239	68,5	207	92,7	446

Desmatamento por faixas de distância

Na Sub-Região1 a maior ocorrência de polígonos de desmatamento foi registrada também na segunda faixa de distância da estrada (732 ocorrências). Porém, a maior área acumulada de desmatamento ocorreu na faixa entre 12.500 m e 15.000 m, com total acumulado no período de 65,7 km² contra 63,1 km² da segunda faixa (Tabela 4).

A maior quantidade de polígonos de desmatamento e área desmatada acumulada, entre 2001 e 2007 para Rorainópolis, estava concentrada na faixa entre 2.500 e 5.000 m dos *buffers*, totalizando 650 polígonos que correspondem a uma área de 38,8 km² (Tabela 5).

Os comprimentos de estradas (km) por faixas de distancia, as áreas totais de desmatamento acumulado de 2001 a 2007 e as áreas totais do desmatamento acumulado (km²) até 2007, em cada faixa de distância das rodovias, e para ambas as sub-regiões, também estão nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Áreas das faixas de *buffer*, desmatamento acumulado em km² de 2001 a 2007 (Desmat_ac01-07) e até 2007 (Desmat_ac_até07), percentuais (%) de desmatamento acumulado entre 2001 a 2007 e até 2007. Ocorrências de estradas vicinais (km) dentro das faixas de distância da rodovia BR-210

Faixas (m)	Área (km²)	Desmat_acum01-07	%	Desmat_acum_até07	%	Estradas (km)
2500	688,2	50,4	7,3	342,2	49,7	119,2
5000	678,8	63,1	9,3	254,2	37,4	124,5
7500	659,7	53,6	8,1	219,8	33,3	118,2
10000	634,7	56,5	8,9	201,3	31,7	121,0
12500	618,0	58,4	9,4	165,0	26,7	111,5
15000	603,6	65,7	10,8	136,9	22,7	99,6
17500	578,1	57,0	9,9	102,8	17,8	101,0
20000	519,5	36,0	6,9	68,9	13,3	49,1
Total	4.980,6	440,7	8,8	1.491,1	30	844,1

Tabela 5. Área das faixas de *buffer*, desmatamento acumulado em km² de 2001 a 2007 (Desmat-ac01-07) e até 2007 (Desmat_ac_até07) e seus percentuais (%). Também ocorrência de estradas vicinais por faixas de distancia da rodovia BR-174 em Rorainópolis

Faixas (m)	Área (km²)	Desmat_acum01-07	%	Desmat_acum_até07	%	Estradas (km)
2500	1166,0	30,3	2,6	359,3	30,8	111,4
5000	1142,0	38,8	3,4	144,0	12,6	103,0
7500	1121,0	32,5	2,9	120,5	10,7	94,2
10000	1110,0	37,9	3,4	105,4	9,5	100,4
12500	1079,0	31,2	2,3	85,7	7,9	86,1
15000	1048,0	25,6	2,4	52,3	5,0	67,8
17500	1027,0	23,7	2,3	42,9	4,2	59,3
20000	995,8	17,2	1,7	28,7	2,9	45,3
Total	8.688,8	237,2	2,6	938,8	10,8	667,5

Desmatamento por classes de tamanho de polígonos (ha)

Na análise de ocorrência de desmatamento distribuído por classes de tamanho de polígonos (ha), a ocorrência de 50% (11.630 ha) do desmatamento acumulado para a região de Rorainópolis, no período analisado, ficou entre as três primeiras classes (Tabela 6). Estas classes correspondem a polígonos de desmatamento entre três e 12 ha. As classes intermediárias entre 12 a 30 ha concentraram 30% (7.034 ha) do desmatamento ocorrido. As áreas maiores que 30 ha correspondeu a 20% (4.680 ha) do desmatamento acumulado no período analisado.

Considerando-se a região de influência da BR-210, as três primeiras classes de tamanhos de polígonos de desmatamento contribuíram com um percentual menor do que aquele observado na região de influência da BR-174. Esse intervalo de três classes correspondeu a 32% (18.456 ha) do total de desmatamento acumulado no mesmo período (Tabela 6). A maior concentração foi observada para a classe acima de 30 ha, totalizando uma área de 21.624 ha (38%). As classes intermediárias concentraram os outros 30% (17.532 ha) dos desmatamentos restantes, semelhantemente ao ocorrido em Rorainópolis.

Tabela 6. Ocorrências (n) por classes de áreas (ha) de polígonos de desmatamento, tamanho médio e área total (Área_T) acumulada do desmatamento ocorrido entre 2001 e 2007 nas áreas de influência das BR-210 e BR-174

Região da BR-174						Região da BR-210				
CLASSES (ha)	n	Média	DP	Área_T	%	n	Média	DP	Área_T	%
3.0 < Área ≤ 6.0	778	4.3	0.8	3376.6	15	948	4.4	0.8	4175.3	7
6.0 < Área ≤ 9.0	719	7.4	0.9	5291	23	1082	7.3	0.8	7896.2	14
9.0 < Área ≤ 12.0	277	10.4	0.8	2879.5	12	614	10.4	0.9	6384.1	11
12.0 < Área ≤ 15.0	140	13.4	0.9	1872.3	8	335	13.4	0.8	4501.1	8
15.0 < Área ≤ 18.0	108	16.3	0.9	1762.5	8	255	16.5	0.8	4205.8	7
18.0 < Área ≤ 21.0	62	19.4	0.7	1203.4	5	143	19.5	0.9	2781.5	5
21.0 < Área ≤ 24.0	28	22.3	0.8	625.2	3	109	22.5	0.8	2447.2	4
24.0 < Área ≤ 27.0	35	25.4	0.9	890.5	4	69	25.4	0.9	1754.7	3
27.0 < Área ≤ 30.0	24	28.3	0.8	679.8	3	65	28.3	1	1841.3	3
Área > 30.0	94	50	31	4680	20	360	60.1	47	21624	38
Total	2265	-	-	23260.8	100	3980	-	-	57611.2	100

Discussão

Distribuição de desmatamento por faixas de distância das principais estradas

A distribuição de desmatamento observado no *buffer* da BR-174 em Rorainópolis, dentro das faixas de distância analisadas entre 2001 a 2007, revelou uma queda acentuada no total de áreas desmatadas, a partir das faixas mais próximas da rodovia para as faixas mais distantes. Esse resultado é esperado, e corrobora a grande parte dos estudos sobre a dinâmica de desmatamento na Amazônia (Soares-Filho et al., 2001; 2002; 2003; 2004; 2005 e 2006; Escada & Alves 2001; Geist & Lambin, 2002; Lambin et al., 2003; Ewers & Laurance, 2006; Fearnside et al., 2009).

Surpreendentemente, na região da BR-210, no período analisado, não se observou esse efeito, apesar de ser possível observar uma leve tendência de redução na quantidade desmatada em função da maior distância à estrada (Fig. 8). Uma explicação parcial pode ser dada pelo fato de que, tanto na região de Rorainópolis (faixa de 0-2.500m) como na Sub-Região1 (faixas 0-2500 e 2500-5000 m), o desmatamento próximo à estrada principal foi limitado pela pouca disponibilidade de áreas florestadas. Isto porque nessas faixas, a maior parte do desmatamento já teria sido realizada, em anos anteriores ao período de 2001 a 2007 pelos proprietários. No entanto, a correlação inversa entre maior área desmatada e menor

distância da estrada se confirma quando é considerado o desmatamento total acumulado para a região até o ano 2007 (Fig. 9).

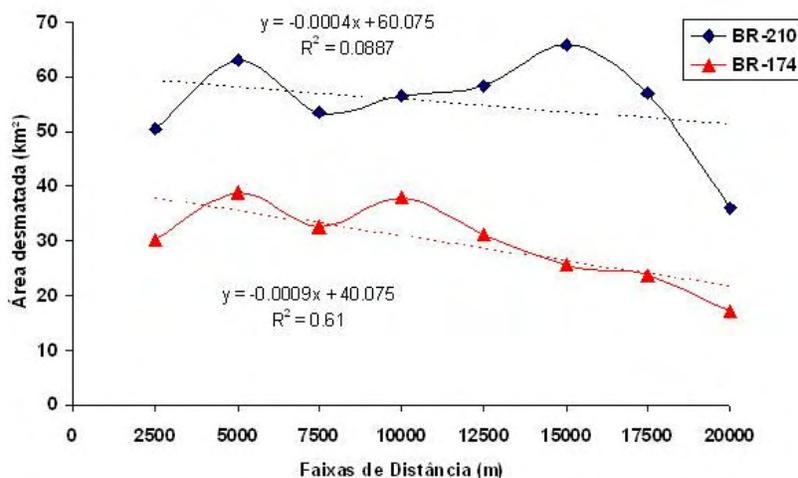


Fig. 8. Área desmatada entre 2001 e 2007 em função da distância da BR-210 e BR-174 no Sul de Roraima.

O maior desmatamento verificado na faixa de distância entre 12.500 m e 15.000 m da BR-210 pode ser explicado, em parte, pela abertura de lotes do PA São Luizão, que foi criado em 1997 (Pinto et al., 2007), e também à grandes desmatamentos realizados em fazendas para a formação de pastagens, localizadas naquela faixa de distância da estrada principal (Fig. 5).

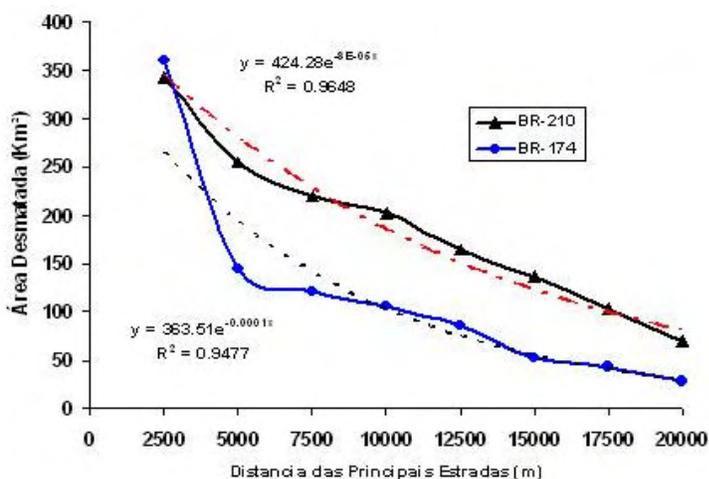


Fig. 9. Curvas relacionando a ocorrência de desmatamento acumulado até 2007 em função da distância às principais estradas na região Sul do Estado de Roraima.