

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)⁴

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[®]. 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

⁴ O capítulo está escrito conforme normas da revista *Forest Ecology and Management*.

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.

Palavras Chave: Análise espacial, Modelagem Ambiental, Mudanças de Uso e Cobertura da Terra, Amazônia, Desmatamento, Simulação do desmatamento.

Introdução

O desmatamento na borda sul da Amazônia foi possível graças a uma série de fatores, dentre os quais se destacam a melhoria e ampliação da rede viária para a região na década de 1970 e 1980. O acesso viário permitiu que uma imensa população de migrantes pudesse se deslocar para regiões remotas da Amazônia. O que ocasionou um intenso desmatamento de forma rápida e desordenada na região.

Em meados da década de 1980, o desmatamento assumiu dimensões alarmantes com a pavimentação dos principais eixos de ligação entre a região amazônica e os grandes centros consumidores nacionais no sul e sudeste do país (Fearnside, 1989; 2005a; Oliveira, 2005). Nesse processo se destacam o asfaltamento do trecho matogrossense da rodovia BR-163 (Cuiabá/Santarém) e da BR-364, ligando Cuiabá a Porto Velho (Fearnside, 1989) e Porto Velho a Rio Branco em um segundo momento. Essas estradas não só permitiram que cada vez mais migrantes se dirigissem a Amazônia, aumentando a pressão sobre o bioma e seus recursos, como também, mais recentemente, viabilizou a chegada da sojicultura, impulsionando o agronegócio (Oliveira, 2005; Carneiro-Filho, 2005).

Dessa forma, se juntando aos processos de degradação da floresta já conhecidos decorrentes da atividade pecuária e da exploração madeireira ao longo do chamado “arco do desmatamento”, fazendeiros capitalizados com o dinheiro do *agrobusiness* e novos especuladores de terra vêm dando novo impulso ao desmatamento na Amazônia. Isto pela derrubada de grandes áreas de floresta para implantação de novas fazendas para o gado e soja, assim como pela invasão e grilagem de terras públicas por invasores ilegais. Uma constatação da forte pressão dessas atividades econômicas sobre os recursos naturais na Amazônia é que os preços de *commodities* como a soja e a carne ditam o ritmo de degradação da floresta (Kaimowitz et al., 2004; Nepstad et al., 2006; Barreto et al., 2008).

Dentro deste contexto e no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, o governo brasileiro planeja construir várias obras de infra-estrutura na Amazônia. Dentre estas obras se destaca a construção das usinas hidroelétricas de Jirau e Santo Antonio no rio Madeira, a jusante de Porto Velho, capital do Estado de Rondônia. Também a reconstrução e asfaltamento da BR-319, ligando Porto Velho a Manaus, capital do Estado do Amazonas (Viana et al., 2008; Fearnside et al., 2009).

Durante a fase de construção das usinas as obras atrairão cerca de 100 mil pessoas para a região e poderão agravar ainda mais a pressão por terras agricultáveis em seu término. Considerando esse fato e de que as populações rurais do arco do desmatamento já não

encontram mais novas terras disponíveis para a colonização ou exploração florestal devido à expansão do agronegócio e da pecuária extensiva, presume-se que a reabertura da rodovia BR-319 poderá provocar novo fluxo migratório, a partir destas regiões, para a Amazônia Central e Norte (Fearnside & Graça, 2005; 2006; Viana et al., 2008). Vale ressaltar que a rodovia BR-319 foi o principal canal de migração para o Estado de Roraima a partir de 1975 até o seu fechamento, em 1988, por falta de manutenção.

O Estado de Roraima possui ainda, em sua porção sul, mais de 70.500 km² de florestas primárias e são acessíveis a partir de Manaus através da BR-174. Assim, acreditamos que a região poderá atrair grande parte do fluxo migratório esperado, caso se confirme a pavimentação da BR-319. Isto porque essa região possui terras mais férteis e produtivas do que as encontradas na Amazônia Central e porque encontrarão acesso facilitado a partir do “arco do desmatamento” proporcionado pela reconstrução da rodovia.

Diferentemente de outros estados da região Amazônica, o Estado de Roraima tem como uma característica particular sua localização no extremo norte do país. Essa localização oferece inúmeras vantagens comparativas de acesso ao mercado externo via Venezuela e Guiana Inglesa. Isso pode significar alternativas concretas para o desenvolvimento econômico do Estado e poderá provocar aumento no desmatamento e degradação ambiental como consequência, caso um grande fluxo migratório, semelhante ao ocorrido no passado recente, se dirija para Roraima em função da reabertura da BR-319.

No período entre 1995 e 1997 foram criados 23 Projetos de Assentamento – PAs em Roraima (INCRA, 2007), sendo 16 deles na região Sul do Estado (Fig. 10), atraindo mais de 50 mil migrantes para o Estado (Mourão, 2003; IBGE, 2008). Essa ação partiu de um esforço do governo estadual de recuperar população uma vez que o fechamento do garimpo em 1990 causou perda de habitantes (AMBTEC, 1994; Mourão, 2003). Parte desse esforço foi possível também, graças ao asfaltamento da BR-174 e trechos da BR-210 em 1995-97. Estas rodovias serviram de acesso aos PAs criados na região e para escoamento da produção para os mercados de Manaus e Boa Vista.

Diante desse quadro, o objetivo principal desse estudo foi simular quatro cenários futuros de desmatamento para o Sul do Estado de Roraima entre os anos de 2007 e 2030 e estimar as emissões de carbono para a atmosfera resultante destes.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A área de estudo engloba todo o sul do Estado de Roraima compreendendo cinco municípios: Caracaraí, Rorainópolis, São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe. Somados os municípios encontra-se uma área de 99.634 km², correspondendo a 44,1% da superfície total de Roraima (Fig. 1). A região é cortada pelas BR-174, no sentido Norte/Sul e BR-210, no sentido Leste/Oeste. Estas estradas foram construídas na década de 1970, na época do regime militar no Brasil, e serviram de acesso para a migração e a colonização recente da região. A BR-174 liga Roraima ao Estado do Amazonas, ao sul e à Venezuela ao norte. A superfície desmatada até 2007 na região soma 3722,5 km², representando 3,7% da área total do Sul do Estado e cerca de 5% das áreas de floresta remanescente na região (Brasil, INPE, 2008).

O clima da região sul de Roraima apresenta o mês menos quente do ano (Junho) com a temperatura sempre superior 18 °C, limite abaixo do qual não se podem desenvolver certas plantas tropicais. As precipitações oscilam entre 1500 a 2000 mm anuais, de acordo com as isoietas do mapa de clima do RadamBrasil (Projeto RadamBrasil, 1973-1984).

A hidrografia da região sul está representada pelo rio Branco, seu principal canal hídrico, cortando a região de norte a sul e desaguardo no rio Negro. Outros rios como Jauaperí (afluente do Anauá), o Anauá, o Jatapú, drenam toda parte sul e sudeste da Região Sul, e tem como afluente também o Rio Negro (Mourão, 2003).

O relevo encontra-se fragmentado, desmontando-se no sentido oeste em blocos dissecados por colinas e cristas, separados por superfície de aplainamento talhada sobre rochas do Complexo Guianense. Em alguns casos, ocorrem relevos residuais do tipo *ilseberg*, que constituem formas emergentes dentro da área aplainada. Geralmente, apresenta altitudes que variam entre 150 e 200 m, com drenagem dendrítica, sob vegetação de floresta densa e, eventualmente, savana. Na região cortada pelo rio Branco a partir de Caracaraí descendo para sua foz, encontram-se áreas de terrenos aplainados, arenosos, aluviais, inundáveis, deprimidos, com uma confusa rede de drenagem.

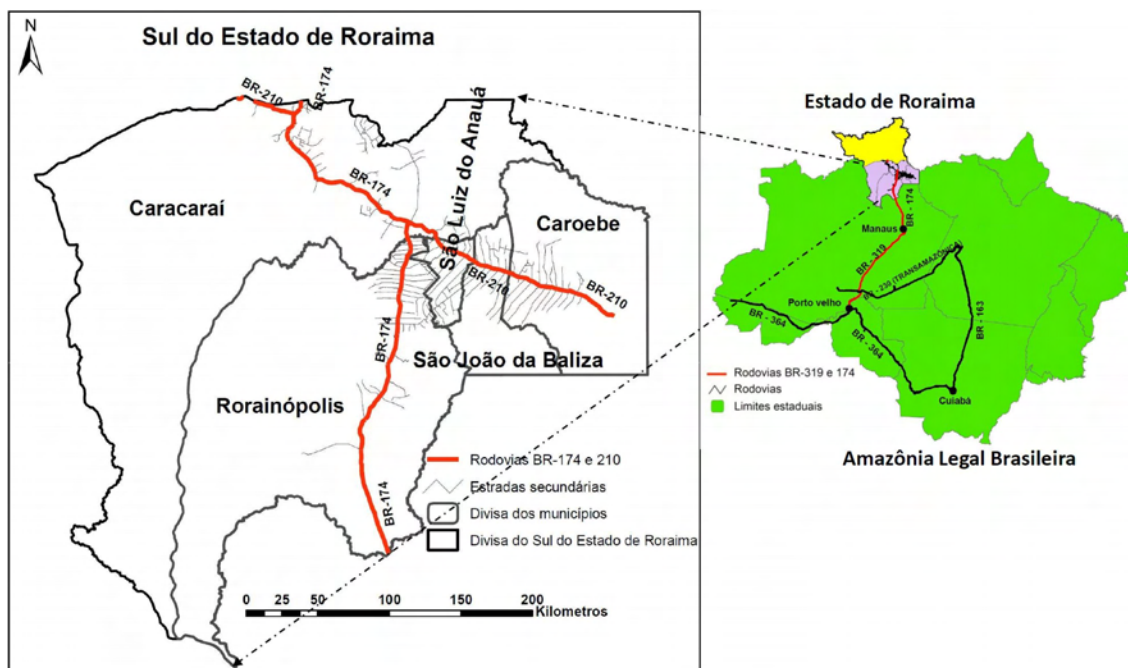


Fig. 1. Localização da área de estudo.

Os solos desenvolvidos na região podem ser agrupados dentro da ordem dos Argissolos Vermelho-Amarelos de textura argilosa e Latossolos Vermelho-Amarelos de textura argilosa nas áreas mais aplainadas, de drenagem menos profunda e menor presença de relevos residuais. Pode ser observada também a presença de Neossolos Quartzosos e Gleysolos, com características gerais comuns, como alta acidez, baixa fertilidade, pouca capacidade de retenção de umidade e de matéria orgânica do solo (Projeto RadamBrasil, 1975-1983).

As principais atividades econômicas são a pecuária extensiva, caracterizada por baixa lotação das pastagens, agricultura comercial e de subsistência e extração madeireira. Estas atividades são desenvolvidas, geralmente, dentro dos Projetos de Assentamento (PA). Grandes projetos de assentamento foram criados nas décadas de 1970 e 1980 na região, como política de atração de migrantes (Barbosa, 1990; 1993; Mourão 2003). Atualmente Roraima conta com 48 PAs, sendo 21 deles situados na região sul do Estado de Roraima (Brasil, INCRA, 2007).

Modelo espacial utilizado nas simulações

Para a criação dos cenários futuros da região Sul de Roraima utilizou-se o modelo AGROECO, desenvolvido por Fearnside et al., (2009), com base no arcabouço do modelo DINAMICA-EGO (Soares-Filho et al., 2006). O modelo AGROECO (Fig. 2) incorpora uma série de inovações às concepções originais do DINAMICA (Fearnside et al., 2009). O modelo AGROECO cria, a cada iteração, uma superfície de floresta acessível. Esta superfície se expande na medida em que são construídas novas estradas no módulo construtor de estradas. A superfície de floresta acessível vai se moldando às estradas em faixas de largura pré-definidas no modelo, em ambos os lados da estrada construída. O modelo AGROECO, ao contrário de modelos baseados em demandas, é dirigido pela criação de infra-estrutura como estradas planejadas para o futuro para a criação dos cenários (Fearnside et al., 2009).

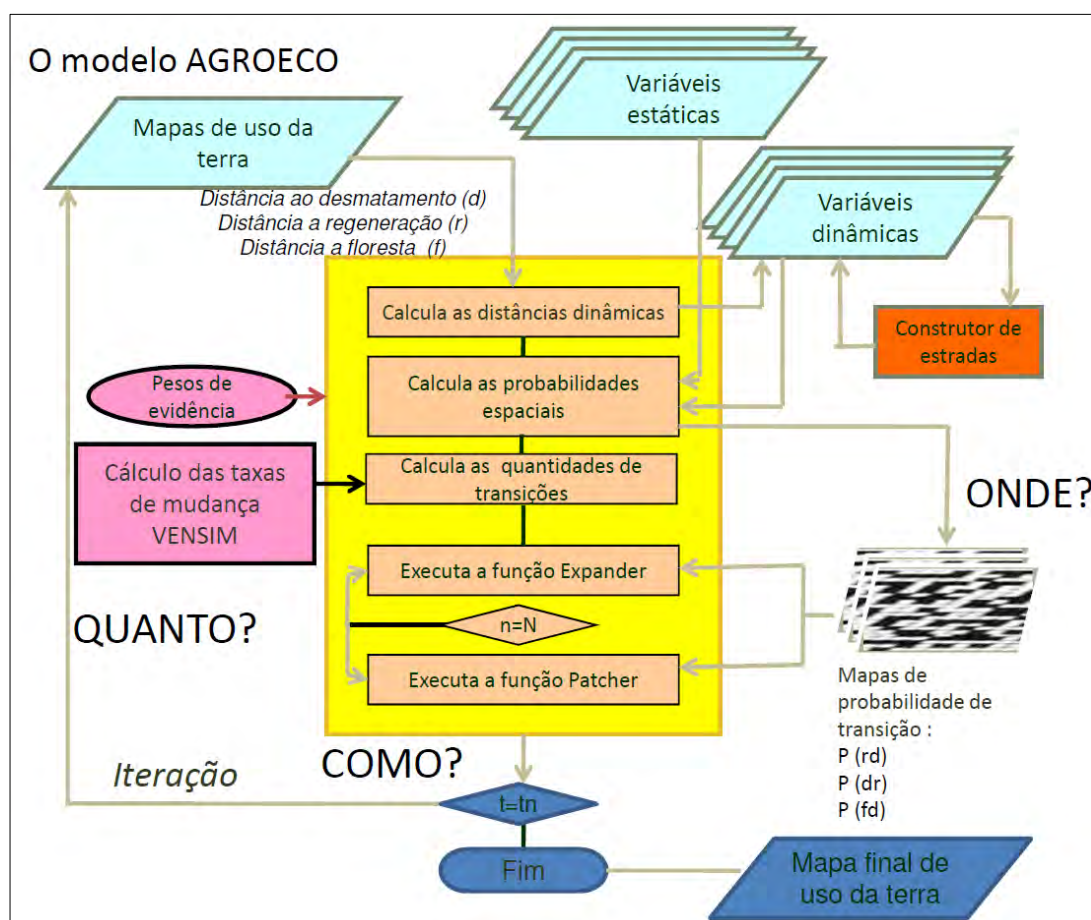


Fig. 2. Ilustração do modelo conceitual do AGROECO (adaptado por Vitel 2009).

Além da área de floresta acessível de 6 km de ambos os lados das estradas (ver modificações abaixo) o modelo AGROECO cria também outra faixa, chamada de floresta fundiária (Fig. 3 e 4). Esta faixa é formada pelas células situadas entre a estrada e até uma distância de raio de 1100 metros da estrada. No modelo esta faixa de floresta está relacionada com uma atividade de desmatamento de pequenas propriedades agropecuárias. Igualmente a área de floresta acessível, esta faixa se ajusta conforme a variação na densidade de estradas e se apresenta bastante atrativa para o desmatamento (Fearnside et al., 2009).

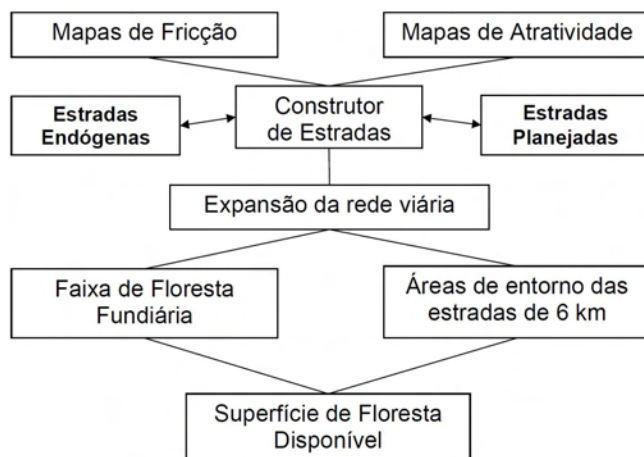


Fig. 3. Ilustração do fluxo de dados no modelo AGROECO para a formação da superfície de floresta disponível.

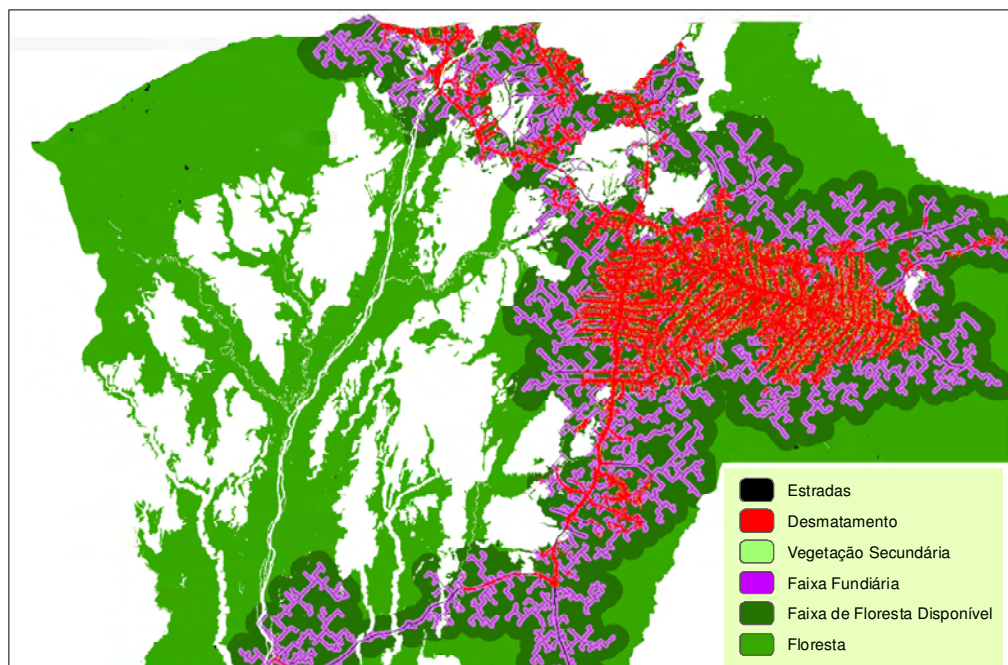


Fig 4. Mapa exemplificando a formação de estradas, das faixas fundiária e de floresta disponível. Este mapa serve como entrada para o modelo não-espacial Vensim.

Adaptação do modelo AGROECO para a área de estudo

Foi realizada uma série de modificações nos parâmetros iniciais do modelo AGROECO, que eram correspondentes à Área sob Limitação Administrativa Provisória – ALAP da rodovia BR-319 e seus arredores, visando adaptá-lo à nossa área de estudo. Essas modificações foram necessárias devido a nossa área de estudo ser proporcionalmente menor que a área da ALAP e por ser utilizada outra resolução espacial, diferente da usada anteriormente.

- ✓ Modificação no módulo de geração de *buffer* para cálculo da floresta fundiária de 4.000 para 2.200 metros;
- ✓ Modificação no módulo de geração de *buffer* para o cálculo da floresta disponível de 12.000 para 6.000 metros em ambos os lados das estradas;
- ✓ Mudança na resolução espacial dos mapas de entrada de 500 para 250 metros;
- ✓ Diminuição do número de iterações no *repeat* do condensador (módulo do AGROECO que calcula a faixa de floresta disponível a partir da rede de estradas) de 40 para 30;
- ✓ Diminuição de quatro fases da modelagem para três.

Com essas modificações o modelo passou a processar os mapas com maior rapidez a cada iteração.

Cenários de desmatamento e emissões de carbono para a atmosfera simulados entre 2007 e 2030 para o Sul do Estado de Roraima

Foram simulados quatro cenários de desmatamento e emissões de carbono entre 2007 e 2030 para o Sul do Estado de Roraima. Dois deles presumiram a reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011: um cenário *Business As Usual2* - BAU2 (negócios como sempre) e CONSERV2, (cenário de conservação). Os outros dois cenários, um *Business As Usual1* – BAU1 (negócios como sempre) e o outro de conservação (CONSERV1) presumiram o não asfaltamento da BR-319.

Os cenários foram construídos a partir de algumas premissas (ou suposições). Premissas são imposições ao modelo, baseadas em algumas condições pré-definidas, para se obter respostas e ajudar nas interpretações dos cenários gerados posteriormente durante as simulações (Tabela 1). Essas premissas foram elaboradas através da literatura e baseadas no contexto histórico de ocupação da área de estudo.

As premissas do cenário BAU1 (sem reconstrução da BR-319) supõem que o desmatamento irá ocorrer no futuro semelhantemente o que vem sendo observado atualmente na região (ver Cap. I e Barbosa et al., 2008). A incorporação de estradas planejadas, tanto no cenário BAU1 como no BAU2 (com reconstrução da BR-319), supõe o aumento da rede viária através de ações oficiais do governo do Estado na criação e ampliação de PAs e pavimentação de outras estradas oficiais adicionais. E também da criação de estradas não oficiais a partir das ações decorrentes das atividades de madeireiros e grileiros em áreas de invasões de terras públicas.

As premissas que norteiam o cenário BAU2 pressupõem um agravamento do quadro verificado em 2007 no sul de Roraima. Isto em função da suposição da reconstrução e asfaltamento da BR-319 em 2011 e a presunção de ocorrência de um forte fluxo migratório vindo para Roraima utilizando a estrada. Esse fluxo migratório causa aumento nas taxas de desmatamento semelhantes aos observados entre 1997 e 2001 dentro de PAs criados entre 1995/1997 na área de estudo.

Os cenários CONSERV1 e CONSERV2 (cenários de conservação sem a BR-319 e com a BR-319, respectivamente) sugerem a criação de UCs onde se verifica hoje forte pressão antrópica no sul de Roraima. Essa pressão se caracteriza através de grilagens de terras públicas com a conversão da floresta em pastagens e corte ilegal de madeira, ameaçando grandes blocos de florestas contínuas sem *status* de conservação. Para simular políticas de contenção ao desmatamento sob estes dois cenários, as estradas que tinham como destino esses blocos de florestas nos dois cenários BAU foram retiradas do modelo, tendo permanecido aquelas que se dirigiam para outras direções.

Em relação as TI (todos cenários simulados) e as UCs propostas (cenários de conservação 1 e 2), foi presumido que não haveria desmatamento em seu interior. Sendo que as UCs já implantadas na região sul até 2007 estariam sujeitas às probabilidades de haver desmatamento calculadas pelo modelo.

Tanto o cenário BAU2 como o CONSERV2, ambos presumindo o asfaltamento da BR-319, sofrem um aumento em suas taxas de desmatamento a partir de 2012 em função da aplicação pelo modelo de um Fator de Migração (FM). Esse fator, derivado da área de estudo, foi igual a três (3).

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

CENÁRIOS	Estradas		Reservas	Fator de	*TBA	**TEP
	BR 319	Planejadas	(UCs)	Migração		
BAU1	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim
CONSERV1	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não
BAU2	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
COserv2	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não

*Taxa Básica Anual

**Taxa de Estradas Planejadas

Dados espaciais de entrada

Foram usadas as seguintes variáveis como entrada para o modelo de simulações:

1. Mapas de uso da terra de 2004 e 2007 fornecidos pelo PRODES (Brasil, INPE, 2008), usados para os cálculos da taxa de transição (Fig. 5) e dos pesos de evidência.

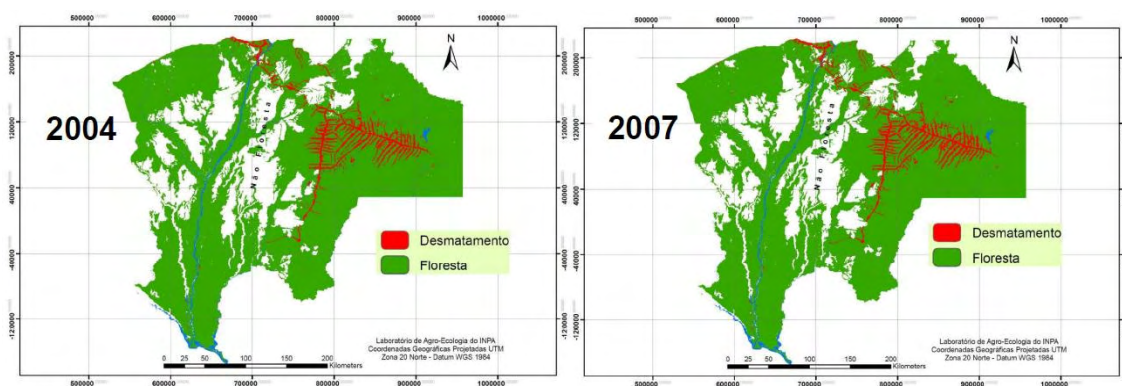


Fig. 5. Mapas de Uso e Cobertura da Terra do ano 2004 e de 2007 da área de estudo, utilizados como mapa inicial, para o cálculo das taxas de transição 2004-2007 e dos pesos de evidência.

2. Mapas de variáveis estáticas (Fig. 6):

- a) Altitude; (SIPAM, 2008)
- b) Declividade; (derivado de dados SRTM)
- c) Solos; (IBGE/RADAMBRASIL)
- d) Vegetação; (IBGE/RADAMBRASIL)
- e) Terras Indígenas e Unidades de Conservação; (IBAMA e ISA)
- f) Distância a rios; (SIPAM, 2008)
- g) Distância a estradas secundárias (vicinais); (derivado de dados de malha viária de 1998 (SIPAM, 2008) e atualizado pelo autor para 2007 a partir de imagens TM Landsat)

- h) Distância a estradas principais; (SIPAM, 2008)
- i) Distância aos Projetos de Assentamento. (INCRA, 2007)

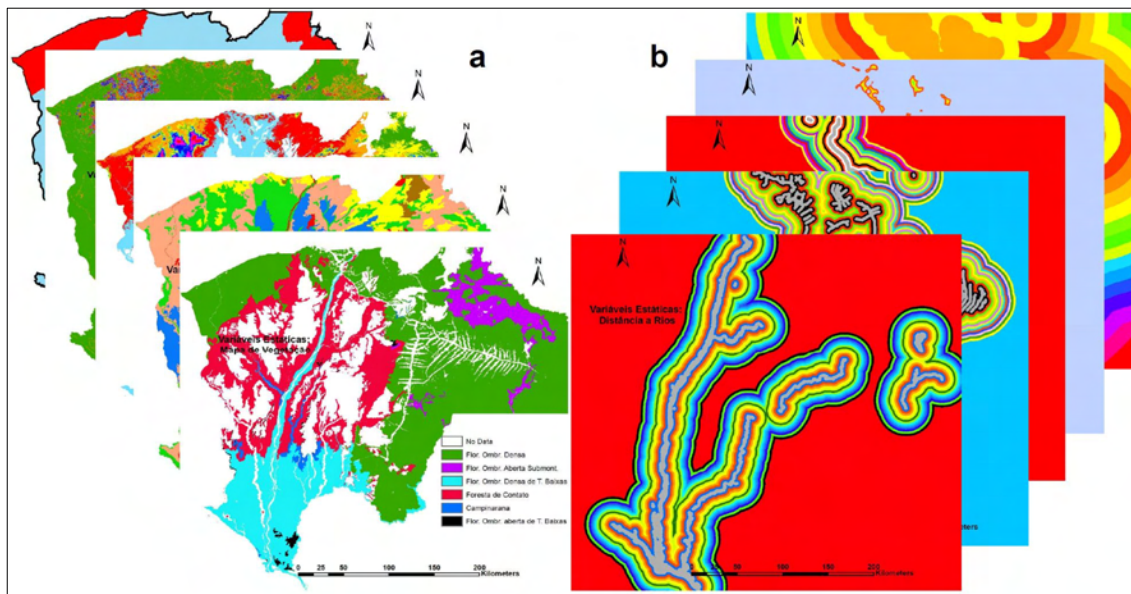


Fig. 6. Mapas de variáveis categóricas (a) e contínuas (b).

3. Mapas de fricção:

Os mapas de fricção foram elaborados combinando dados de declividade, áreas de Unidades de Conservação e de Terras Indígenas existentes na área de estudo. Os mapas de fricção influenciam a atividade do construtor de estradas criando uma espécie de superfície de custo. Ou seja, em áreas vizinhas às áreas de conservação e em locais de grande declividade a atividade de construção de estradas seria limitada. Em áreas onde o relevo é plano a atividade do construtor seria favorecida.

4. Mapas de atratividade:

Os mapas de atratividade são calculados conforme os atributos espaciais e físicos locais da área, considerando-se fatores que atraem ou repelem atividades antrópicas. São mapas que integram informações cartográficas de áreas inundáveis, áreas de aptidão agrícola ou áreas de proteção. Esses mapas também servem para orientar as atividades do construtor de estradas (Soares-Filho et al., 2006). Mapas de fricção e de atratividade foram combinados para compor cada uma das três fases da simulação onde são caracterizados os ciclos de maior ou menor atividade do construtor de estradas.