

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
Programa Integrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais Renováveis – PBTRN
Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais - CFT

**Modelagem da dinâmica do desmatamento de uma fronteira em expansão,
Lábrea, Amazonas**

CLAUDIA SUZANNE MARIE NATHALIE VITEL

Manaus, Amazonas
Abril 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
Programa Integrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais Renováveis – PBTRN
Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais - CFT

**Modelagem da dinâmica do desmatamento de uma fronteira em expansão,
Lábrea, Amazonas**

CLAUDIA SUZANNE MARIE NATHALIE VITEL

Orientador: Dr. PHILIP MARTIN FEARNSIDE

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

Dissertação apresentada ao PPG-
BTRN como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Ciências de Florestas Tropicais, área
de concentração: Manejo Florestal.

Manaus, Amazonas

Abril 2009.

V839

Vitel, Claudia Suzanne Marie Nathalie

Modelagem da dinâmica do desmatamento de uma fronteira em expansão, Lábrea, Amazonas / Claudia Suzanne Marie Nathalie Vitel.--- Manaus : [s.n.], 2009.

xviii, 121 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 – Lábrea (AM).
3. Áreas protegidas – Conservação. I. Título.

CDD 19. ed. 574.52642

Sinopse:

Este estudo apresenta resultados da modelagem de cenários simulando o desmatamento do município de Lábrea (AM) até 2040, analisando o efeito produzido pela criação de áreas protegidas no desmatamento futuro da região.

Palavras-chaves: Desmatamento, Conservação, Áreas protegidas, Efetividade, Sudoeste do Arco do desmatamento, Modelagem ambiental, Cenários, Lábrea, Amazônia.

Dedico com muito amor,

Aos meus pais, Philippe e Françoise que sempre me encorajaram desde minha infância a desenvolver meu saber e me deram a sua confiança. À minha irmã Carole que sempre ficou atenta e me ajudou a conseguir meu percurso universitário. Aos meus avós (Suzanne, Marie, Jean e Jean) e minha tia Yvette que sempre serão as raízes da minha árvore de vida.

Je dédie avec beaucoup d'amour,

À mes parents, Philippe et Françoise qui m'ont toujours encouragé depuis mon enfance à développer mon savoir et qui m'ont pour le faire, donné leur confiance. A ma soeur Carole qui a toujours été attentive et qui m'a aidé pour réussir mon cursus universitaire. À tous mes grands-parents (Suzanne, Marie, Jean et Jean) et à ma tante Yvette qui seront toujours les racines de mon arbre de vie.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pela oportunidade de formação.

Ao Ministério de Relações Exteriores Francês, pela bolsa de pesquisa/estudo Egide-Lavoisier Brasil de nove meses.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES pela bolsa de estudos complementar à primeira bolsa, de cinco meses.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela participação financeira no trabalho de campo.

Agradeço a Rede GEOMA (Rede de Modelagem Ambiental da Amazônia) do Ministério de Ciências e Tecnologias- MCT pelo apoio financeiro no trabalho de campo e pela inscrição na conferência do LBA (Landscape Biosfere, Atmosfere) em 2008.

Eu sou especialmente grata ao Dr. Philip Martin Fearnside pela orientação e apoio, pela gentileza, sugestões e revisão minuciosa dos manuscritos, e pelas correções do meu português.

Agradeço ao Dr. Paulo Maurício, pela co-orientação, pela gentileza, sugestões e revisão minuciosa dos manuscritos, e pelas correções do meu português e por sua companhia preciosa durante o trabalho de campo (excelente motorista!).

Agradeço ao Dr. Francisco Dário Maldonado, pelas preciosas ajudas técnicas, pela gentileza, amizade e humor.

Expresso minha gratidão ao Dr. José Francisco, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais (CFT-INPA).

Agradeço à Dra. Maya Leroy que me apoiou para desenvolver pesquisas na Amazônia.

Agradeço ao Dr. Ciro Righi por ter me acompanhado durante o trabalho de campo.

Agradeço ao Dr. Britaldo Soares-Filho pela oportunidade do curso de modelagem ambiental na Universidade Federal de Minas Gerais em 2008.

Aos professores do Programa CFT-INPA e aos colegas de classe com que passei dois anos inesquecíveis.

Aos meus amigos brasileiros pela grande felicidade que me deram, em especial: *Bentivi* ou Caroline, Brunão (óóó), Rodrigez, Geise, Fabiane, Alexandre, Paulo, Sandra, Fabiano, Edwin (ainda não totalmente brasileiro!) e Lucélia.

Aos meus amigos franceses pelo apoio na França, em especial: Marjorie, Amélie, Émilie e Diane (*à mes amis français, pour leur soutien depuis la France, une pensée spéciale pour Marjorie, Amélie, Émilie et Diane*).

Aos amigos de república, meus agradecimentos pela amizade e companheirismo: Lucélia, Edwin, Sofia, Márcia, Lisiane, Danielle e Aline.

Ao Julio Tóta pela ajuda, amor, companheirismo e amizade.

A Amazônia por ter mudado minha vida.

*“O mundo é uma descoberta contínua que apresenta
uma infinidade de surpresas, delícia de viver!”*

C.S.M.N. Vitel

RESUMO

O Arco do Desmatamento da Amazônia Brasileira, em seu avanço contínuo, já alcançou a parte sul do Amazonas. Nessa região, a pressão que estimula seu crescimento se origina nos estados vizinhos, Acre e Rondônia, estados que já conheceram processos de desmatamento intensos relacionados pela expansão da fronteira agropecuária e sua consolidação. Os novos focos de desmatamento já afetaram o sul do município de Lábrea. Nos últimos anos, Lábrea foi o município que apresentou taxas recordes de desmatamento no Estado do Amazonas. Além dos danos causados aos ecossistemas naturais, as mudanças de uso da terra têm provocado conflitos sociais graves através do processo de grilagem de terras e da atividade agropecuária, contribuindo para a expulsão de trabalhadores extrativistas da região. Ao mesmo tempo, foram propostas em 2006 quatro áreas protegidas federais em Lábrea, dentro do grupo de áreas propostas na Área sob Limitação Administrativa Provisória (ALAP) da BR-319 (rodovia Manaus-Porto Velho), sugeridas em prevenção dos impactos ambientais que poderão ser causados pela reconstrução da BR-319 e a pavimentação da BR-230 (rodovia Transamazônica). Esses projetos federais são integrados ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Este estudo teve como objetivo modelar, com o modelo *AGROECO*, a dinâmica futura do desmatamento de Lábrea e avaliar a efetividade das áreas protegidas recém criadas em conter o desmatamento. No Capítulo I, foi analisada a vulnerabilidade ao desmatamento de áreas protegidas já implementadas na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento, nos Estados do Acre, Rondônia e Sul do Amazonas para entender como as áreas recém criadas poderão ser futuramente afetadas. As análises revelaram a efetividade das áreas protegidas em conter o desmatamento dentro dos seus limites, sendo que 90% das áreas protegidas apresentaram taxas de desmatamento inferiores às taxas da área de seu entorno de 10 km. Também, pesos de evidência que representam a influência de uma variável espacial no desmatamento e modificam posteriormente as chances de ocorrer o evento desmatamento foram calculados para as áreas protegidas e suas áreas de amortecimento, especificamente para cada categoria de uso associada à esfera administrativa. Os pesos de evidência, quando apresentarem valores negativos tem uma influencia negativa no evento considerado, ou seja, no caso do desmatamento, tendem a repelir o avanço do desmatamento. As terras indígenas foram as mais repulsivas com um peso de evidência médio de -2,57, as áreas de proteção integral foram um pouco menos eficientes com um peso médio de -1,23 e finalmente, as unidades de uso sustentável foram as mais vulneráveis com um valor médio de -0,15. Considerando os pesos de evidência em relação à distância euclidiana interna das áreas protegidas, estes declinaram quando a distância euclidiana aumentou desde a borda interna da área protegida. As áreas protegidas apresentaram um peso de evidência variando com a distância interna delas, mais negativos quando a distância interna aumenta. Esses pesos de evidência foram utilizados na modelagem do desmatamento de Lábrea elaborada do Capítulo II. No Capítulo II, foram simulados oito cenários futuros de desmatamento da região de Lábrea até 2040 com o modelo *AGROECO*. Dos dois grupos de cenários simulados, um não considera a criação das áreas protegidas *BAU-Business As Usual* (ou Mesmo de Sempre) e outro considera *GOV-Governança*. Dentro desses dois grupos de cenários foram considerados quatro casos de simulação, incluindo: 1- pesos de evidência das áreas protegidas homogeneamente distribuídos, 2- pesos de evidência das áreas protegidas gradualmente distribuídos em relação à distância euclidiana interna da área protegida, 3- pesos de evidência das áreas protegidas homogeneamente distribuídos e pesos específicos às áreas de amortecimento, 4- pesos de evidência das áreas protegidas gradualmente distribuídos e pesos específicos às áreas de amortecimento. A criação de áreas protegidas foi pouco eficiente em conter desmatamento sendo que na maioria, os cenários do grupo *GOV* apresentaram em 2040, áreas de desmatamento acumulado levemente inferiores àquelas obtidas para os cenários *BAU*. A utilização de pesos de evidência evoluindo com a distância euclidiana interna da área protegida parece ser mais realista, reduzindo a influência de ocorrência de desmatamento nas áreas mais distantes da borda das áreas protegidas. Quanto ao efeito provocado pela consideração de pesos de evidência das áreas de entorno às áreas protegidas,

foi constatado que o desmatamento aumentou dentro dos limites das áreas de entorno por serem mais atrativas em termos de peso de evidência. No entanto, acredita-se que seja uma consequência dos anos para os quais os dados de uso/cobertura da terra foram disponíveis para calibrar o modelo, quando as áreas fora dos *buffers* das reservas já haviam sofrido muito desmatamento. O cenário mais realista para o conjunto de dados, portanto, é considerado aquele que usa pesos de evidência gradativamente distribuídos, mas que não usa pesos de evidência específicos às áreas de *buffers*. No cenário GOV-2, o desmatamento foi reduzido na área de estudo em 5,1 % (2.596 km²) como resultado da criação das reservas, quando comparado com o cenário correspondente da linha de base (BAU-2).

SUMMARY

Brazil's "arc of deforestation" continues to expand across the Amazon region and has already reached the southeastern part of the state of Amazonas. A new focus of the deforestation has already affected a part of Lábrea, which is the municipality (county) that was recently found to have one of the highest deforestation rates in Amazonas. Pressure from the Arc originates in the neighboring states of Acre and Rondônia, which already have intense deforestation processes underway for the expansion and consolidation of the agricultural and ranching frontier. In addition to the impacts caused to natural ecosystems in Lábrea, land-use changes have induced a series of social conflicts through the process of "*grilagem*" (fraudulent appropriation of large areas of public land) and from agricultural and ranching activities that have contributed to the expulsion of extractive workers such as rubber tappers and Brazil nut gatherers. Consequently, traditional families demanded the creation of extractive reserves to protect themselves. In addition, as a part of the Program for the Acceleration of Growth (PAC) the Ministry of Transportation plans to reconstruct the BR-319 (Porto Velho- Manaus) Highway (which has been abandoned since 1988) and to recuperate a part of the marginally passable Transamazon Highway (BR-230) that connects the BR-319 to Lábrea. To avoid the environmental consequences of these projects, in 2006 the government proposed a series of protected areas in the area of influence of the BR-319, four of which have been recently created in the municipality of Lábrea. This study had the objective of modeling the future spatial dynamics of deforestation in Lábrea and evaluating the usefulness of the recently created protected areas in containing deforestation. Chapter I analyzes the effectiveness of protected areas that have already been created in Acre, Rondônia and southern Amazonas. The analyses revealed the usefulness of protected areas in containing deforestation: 90% of the protected areas had deforestation rates inferior to those in a 10-km-wide strip surrounding the protected areas. In addition, weights of evidence that represent the probabilities used in the *AGROECO* model to simulate future deforestation inside the proposed areas have been determined for the protected areas in this region, as well for the areas surrounding the protected areas (10-km buffer). These weights of evidence have been determined specifically for the category of use of each protected area and for the category of use in accord with its administrative level (federal or state). Indigenous reserves were the most effective in repelling deforestation, with a weight of -2.57; Integral Protected Areas were less efficient with a weight of -1.23, and, finally, Sustainable Use Protected Areas were the most vulnerable with a weight of -0.15. When considering weights of evidence as a function of the internal Euclidian distance, weights declined when the internal distance was progressing from the edge of the protected area to the center. Protected areas had weights of evidence that varied with the internal Euclidian distance. These weights have been used in Chapter II, where eight scenarios have been produced for the Lábrea region up to 2040 using the *AGROECO* model. Of the two groups of scenarios, one didn't consider the recent creation of protected areas (I), *Business As Usual* while the other considered these areas, (II) *Governance*. In each scenario group, four study cases have been considered including: 1- homogenously distributed weights of evidence over the protected areas, 2- gradually distributed weights of evidence according to the internal Euclidian distance, 3- homogenously distributed weights of evidence over the protected areas and weights of evidence for the 10-km buffer areas, 4- gradually distributed weights of evidence according to the internal Euclidian distance and weights of evidence for the 10-km buffer areas. Creation of the protected areas has been little efficient because the majority of the *Governance* group scenarios had slightly less deforested area in 2040 than did the corresponding scenarios in the *Business As Usual* group. The use of gradually distributed weights of evidence according to the internal Euclidian distance appears to be the most realistic approach because it reduces the influence of deforestation occurrence in areas far from the protected area limits. Considering the weights of evidence for the 10-km buffer area, the surroundings of the protected areas have concentrated deforestation inside their limits because their high weights of evidence make them more attractive to deforestation in the simulations. However, this is believed to be a consequence of the years for which satellite

data were available for calibrating the model, when the areas outside of the reserve buffers had already been heavily deforested, leaving little left to clear. The most realistic scenarios for our dataset are therefore considered to be those that use gradually distributed weights of evidence but do not use separate weights for the buffer areas. In the scenario (GOV-2), deforestation was reduced in the study area by 5,1 % (2.596 km²) as a result of the creation of the reserves, when compared to the corresponding baseline scenario (BAU-2).

LISTA DE TABELAS

Capítulo I - Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte Sudoeste do “Arco do Desmatamento”..... 25

Tabela 1. Valores de pesos de evidência das áreas protegidas obtidos para os anos do período de 2000/2007. 40

Capítulo II – Elaboração de cenários futuros do desmatamento no município de Lábrea, Sul do Estado do Amazonas..... 53

Tabela 1. Dois grupos de cenários elaborados para simular o desmatamento de Lábrea até 2040, considerando o tipo de distribuição dos pesos de evidência nas áreas protegidas e a existência de pesos de evidência específicos para áreas de entorno..... 70

Tabela 2. Áreas de desmatamento acumulado em km² em 2040 para todos os cenários simulados..... 89

Tabela 3. Percentuais do desmatamento total dentro das áreas de entorno de 10 km das áreas protegidas segundo a categoria de uso associado à esfera administrativa da área protegida em 2040. 103

Tabela 4. Percentuais do desmatamento total dentro das áreas protegidas segundo a sua categoria de uso e esfera administrativa para cada cenário simulando o desmatamento até 2040. 104

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I - Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte Sudoeste do “Arco do Desmatamento” 25

Figura 1. Área de estudo compreendendo o Estado de Rondônia, uma parte dos Estados do Acre e do Amazonas. 28

Figura 2. Delimitação espacial do desmatamento de 2007 e conjunto de áreas protegidas estudadas da área de estudo. Em preto, o desmatamento e em cinza a floresta e não floresta. 29

Figura 3. Mapa de cobertura/uso da terra em 2007 com áreas protegidas e áreas de entorno de 10 e 30 km ao redor das áreas protegidas. O desmatamento aparece em vermelho, a floresta em verde e não floresta em amarelo. 31

Figura 4. Figura apresentando o fluxograma do cálculo os pesos de evidência. Fonte: Software DINAMICA EGO 33

Figura 5. Histograma apresentando o número de ocorrências das classes de tamanho das áreas protegidas analisadas (A). Histograma apresentando a porcentagem de área protegida total em cada classe de uso associada à esfera administrativa das áreas protegidas e a porcentagem de área total (área de estudo) em cada classe de uso associada à esfera administrativa das áreas protegidas (B). 35

Figura 6. Exemplos de áreas protegidas analisadas com suas áreas de entorno de 10 e 30 km. Terra Indígena Uru Eu Wau Wau com uma área de 18.376 km² e uma área de entorno de 10 km de 7.620 km² (área protegida grande e área de entorno inferior a área protegida). Terra Indígena do Rio Negro Ocaia com uma área de 369 km² e uma área de entorno de 1.337 km² e o Parque Estadual Serra do Parecis com uma área de 954 km² e uma área de entorno de 10 km de 5.355 km² (área protegida pequena a média com uma área de entorno de 10 km maior do que a área protegida). Resex do Jaci-Paraná com uma área de 2.025 km² e uma área de entorno de 10 km de 2.898 km² (área protegida média com uma área de entorno de 10 km equivalente a área protegida). 36

Figura 7. Evolução da fração média de desmatamento das áreas de entorno de 10 e 30 km das áreas protegidas entre 1997 e 2007 (A). Relação entre a fração de desmatamento da área de entorno de 10 km da área protegida com a fração do desmatamento da área

protegida. A elipse aponta as áreas protegidas tendo sua fração de área desmatada inferior a 10% (B). 37

Figura 8. Fração de desmatamento (%) dentro e nas áreas de entorno de 10 km das áreas protegidas no ano de 2007 e a razão entre a fração de desmatamento da área de entorno de 10 km com a fração de desmatamento da área protegida. O gráfico (A) apresenta as frações de desmatamento para as categorias de uso. O gráfico (B) apresenta as frações de desmatamento para categorias de uso relacionadas à esfera administrativa. 38

Figura 9. Histograma em barras apresentando a evolução da fração de desmatamento das áreas de entorno de 10 km das áreas protegidas. Cada barra apresenta as frações médias obtidas para classes de uso relacionadas à esfera administrativa (A). Histograma em barras apresentando a evolução da fração de desmatamento dentro das áreas protegidas. Cada barra apresenta as frações médias obtidas para classes de uso associadas à esfera administrativa (B). 39

Figura 10. Pesos de evidência (homogêneos) das áreas protegidas e das suas áreas de entorno segundo as categorias de uso. A categoria 1 representa as UUS, a categoria 2 representa as UPI e a categoria 3 representa as TI (A). Pesos de evidência (homogêneos) das áreas protegidas e das suas áreas de entorno segundo as categorias de uso associadas à esfera administrativa. A categoria 1 representa as UPI-Fed, a categoria 2 UPI-Est, a categoria 3 as TI, a categoria 4 as UUS-Est e a categoria 5 as UUS-Fed (B). 41

Figura 11. Pesos de evidência $W+$ das áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento (80 áreas protegidas analisadas) e nas suas áreas de entorno de 10 km entre 2000 e 2007. Os pesos de evidência das terras indígenas são apresentados no gráfico (A). Os pesos de evidência das unidades de proteção integral são apresentados no gráfico (B). Os pesos de evidência das unidades de uso sustentável são apresentados no gráfico (C). Os pesos de evidência das unidades de proteção integral estaduais são apresentados no gráfico (D). Os pesos de evidência das unidades de uso sustentável estaduais são apresentados no gráfico (E). Os pesos de evidência das unidades de proteção integral federais são apresentados no gráfico (F). Os pesos de evidência das unidades de uso sustentável federais são apresentados no gráfico (G). 43

Figura 12. Pesos de evidência $W+$ das áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento (80 áreas protegidas analisadas) em relação à distância euclidiana interna da área protegida. (A) Terras Indígenas, (B) Unidades de Proteção Integral, (C) Unidades de

Proteção Integral Estaduais, (D) Unidades de Proteção Integral Federais, (E) Unidades de Uso Sustentável Estaduais, (F) Unidades de Uso Sustentável Federais. 44

Figura 13. Relação entre a fração de desmatamento dentro da área protegida (calculadas em 2007) e seu tamanho em km². 46

Capítulo II – Elaboração de cenários futuros do desmatamento no município de Lábrea, Sul do Estado do Amazonas 53

Figura 1. Modelo SimAmazonia para a bacia amazônica desenvolvido por Soares-Filho et al. (2006), Cenário BAU *Business As Usual* desmatamento, simulando o desmatamento até 2050 (A). Modelo SimAmazonia para a bacia amazônica desenvolvido por Soares-Filho et al. (2006), Cenário de *Governança* com criação de novas áreas protegidas simulando o desmatamento até 2050 (B). 57

Figura 2. Área de estudo: Município de Lábrea no Estado do Amazonas. 58

Figura 3. Desmatamento dos municípios do Sul do Estado do Amazonas até 2007. Áreas de desmatamento acumulado para cada ano entre 1999 e 2007 (em km²) apresentadas no quadro. 59

Figura 4. Fluxograma esquematizando os processos utilizados nas simulações do AGROECO. 61

Figura 5. Exemplos de variáveis de entrada utilizadas no modelo AGROECO. 62

Figura 6. Área de calibração escolhida perto de Porto Velho, na área de Samuel. 65

Figura 7. Tabulação cruzada de mapas multitemporais para produzir mapas de probabilidade de transição. 65

Figura 8. Fluxograma apresentando as variáveis que influenciam o cálculo da área de floresta disponível a cada iteração à qual são aplicadas as taxas de transição de mudanças. 67

Figura 9. Fotografias apresentando a atividade de agricultura de subsistência desenvolvida ao redor da BR-230 (Transamazônica) entre Humaitá e Lábrea, trecho não pavimentado e uma comunidade localizada próximo a um igarapé que corta a estrada. 71

Figura 10. Sul do Estado do Amazonas, na intersecção com os Estados de Rondônia, do Acre e a Bolívia. São apresentados os pontos de GPS (projeção cartográfica UTM)

| | |
|--|----|
| coletados durante a viagem de campo em Agosto de 2008 em um mosaico de Imagens Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008. | 74 |
| Figura 11. Área do Ramal do Boi visitada em Agosto de 2008, imagem de satélite Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008. Dos lados, são apresentadas fotografias tomadas em campo representando as principais atividades do ramal: pecuária e manejo florestal. | 75 |
| Figura 12. Área do Ramal do Jequitibá visitada em Agosto de 2008, imagem de satélite Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008. Dos lados, são apresentadas fotografias tomadas em campo representando as principais atividades do ramal: pecuária e manejo florestal..... | 77 |
| Figura 13. Imagem de satélite Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008 apresentando partes dos Ramais da PROSAM e PROTERRA..... | 78 |
| Figura 14. Área do assentamento do INCRA Joana d’Arc visitada em Agosto de 2008, imagem de satélite Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008. Dos lados, são apresentadas fotografias tomadas em campo representando as principais atividades do ramal: pecuária, exploração madeireira e agricultura. | 79 |
| Figura 15. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em função da distância a uma área já desmatada, representada pelos pesos de evidência (<i>Weights of Evidence</i> - W+). | 81 |
| Figura 16. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em função da distância às estradas não pavimentadas, representada pelos pesos de evidência (<i>Weights of Evidence</i> - W+) (A). Probabilidade de ocorrência de desmatamento em função da distância às estradas pavimentadas, representada pelos pesos de evidência (<i>Weights of Evidence</i> - W+) (B). | 82 |
| Figura 17. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em função da distância aos assentamentos do INCRA, representada pelos pesos de evidência (<i>Weights of Evidence</i> - W+). | 83 |
| Figura 18. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em relação ao grau de declividade representada pelos pesos de evidência (<i>Weights of Evidence</i> - W+). | 83 |
| Figura 19. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em relação às classes de vegetação representada pelos pesos de evidência (<i>Weights of Evidence</i> - W+). Em vermelho, aparecem os pontos que não foram significativos no cálculo dos pesos de evidência no modelo..... | 84 |

- Figura 20.** Probabilidade de ocorrência de desmatamento em relação às classes de solo representada pelos pesos de evidência (*Weights of Evidence* - $W+$). Em vermelho, aparecem os pontos que não foram significativos no cálculo dos pesos de evidência no modelo..... 85
- Figura 21.** Mapa do PRODES para o ano 2006 (A). Mapa simulado com o AGROECO para 2006 (B)..... 87
- Figura 22.** Áreas de desmatamento acumulado em km^2 evoluindo entre 2007 e 2040 para todos os cenários simulados. 88
- Figura 23.** Taxa anual de desmatamento em $\text{km}^2 \cdot \text{ano}^{-1}$ evoluindo entre 2007 e 2040 para todos os cenários simulados. 89
- Figura 24.** Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário BAU-1. Esse cenário considera pesos de evidência homogêneos das áreas protegidas e não considera as áreas protegidas recém criadas..... 90
- Figura 25.** Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário BAU-2. Esse cenário considera pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas e não considera as áreas protegidas recém criadas..... 91
- Figura 26.** Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário BAU-3. Esse cenário considera pesos de evidência homogêneos para áreas protegidas, pesos de evidência das áreas de amortecimento e não considera as áreas protegidas recém criadas..... 92
- Figura 27.** Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário BAU-4. Esse cenário considera pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas, pesos de evidência das áreas de amortecimento e não considera as áreas protegidas recém criadas..... 93
- Figura 28.** Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário GOV-1. Esse cenário considera pesos de evidência homogêneos das áreas protegidas e considera as áreas protegidas recém criadas. 94
- Figura 29.** Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário GOV-2. Esse cenário considera pesos de evidência

gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas e considera as áreas protegidas recém criadas..... 95

Figura 30. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário GOV-3. Esse cenário considera pesos de evidência homogêneos para áreas protegidas, pesos de evidência das áreas de amortecimento e considera as áreas protegidas recém criadas. 96

Figura 31. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário GOV-4. Esse cenário considera pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas, pesos de evidência das áreas de amortecimento e considera as áreas protegidas recém criadas..... 97

Figura 32. Porcentagem da área de estudo coberta por áreas protegidas segundo o grupo de cenários..... 98

Figura 33. Área desmatada (em km²) em 2040 dentro dos limites das unidades de conservação recém criadas: dentro das unidades de uso sustentável e dentro da unidade de proteção integral. Os cenários do grupo I (*Business As Usual*) não consideram a recente criação das áreas protegidas e os cenários do grupo II (*Governança*) consideram a recente criação das áreas protegidas 100

Figura 34. Percentual de área desmatada das áreas protegidas (azul) e percentual do desmatamento total (da área de estudo) dentro das áreas protegidas (vermelho) em 2040. 101

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| INTRODUÇÃO GERAL | 19 |
| OBJETIVO GERAL | 23 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 23 |
| | |
| Capítulo I - Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte Sudoeste do “Arco do Desmatamento” | 25 |
| Resumo | 25 |
| Introdução | 26 |
| Material e Métodos | 27 |
| Resultados..... | 34 |
| Discussão | 46 |
| Conclusão | 52 |
| | |
| Capítulo II – Elaboração de cenários futuros do desmatamento no município de Lábrea, Sul do Estado do Amazonas | 53 |
| Resumo | 53 |
| Introdução | 55 |
| Material e Métodos | 58 |
| Resultados..... | 70 |
| Discussão | 105 |
| Conclusão | 110 |
| | |
| CONCLUSÃO GERAL | 112 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 114 |

INTRODUÇÃO GERAL

Amazônia é o maior bioma de floresta tropical do mundo, apresentando a maior porção remanescente de floresta tropical e um quinto da água doce do mundo. Cerca de 70% da bacia amazônica ficam dentro dos limites das fronteiras brasileiras, sendo que o país sustenta 40% das florestas tropicais mundiais remanescentes. Dentro do Brasil, a região da Amazônia Legal cobre 58% do território nacional e comparte suas fronteiras com oito países: Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e a Guiana Francesa (Kirby et al., 2006).

A posição geopolítica da região amazônica brasileira, sua baixa densidade populacional e sua grande extensão são fatores que qualificaram longamente a Amazônia como estrategicamente vulnerável e economicamente subutilizada pelos planejadores federais brasileiros. De fato, a Amazônia ainda aloja 11% da população brasileira, ou seja, aproximadamente 21 milhões de habitantes (IBGE, 2008), e em 2005 contribuiu somente para 6% do PIB do país. Entretanto, as florestas da bacia amazônica fornecem serviços ambientais importantes, tanto na escala local quanto global, incluindo a conservação da biodiversidade, o estoque de carbono, a regulação dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos regionais, entre outros (Fearnside, 1997). Os benefícios da floresta tropical são fornecidos por ecossistemas diversificados e frágeis, onde qualquer alteração sofrida produz efeitos que afetam todo o seu equilíbrio (Bickel, 2004).

Desde os anos 70, a extensão do desmatamento continua seu avanço na Amazônia Legal. Em 2007, quase 700.000 km² de sua cobertura florestal tinham sido desmatados (INPE, 2009). As causas históricas e atuais do desmatamento na Amazônia são diversas e freqüentemente inter-relacionadas (Carvalho et al., 2002). O processo de expansão de fronteira e de degradação ambiental na Amazônia brasileira se origina de políticas implementadas nos anos sessenta que encorajaram o desenvolvimento de grande escala, favorecendo o acesso a novas terras e a exploração dos recursos naturais da região. Neste período, as estratégias do desenvolvimento brasileiro basearam-se no investimento em infra-estruturas, como as estradas, dando acesso às regiões remotas de florestas e aos grandes reservatórios hidroelétricos que fornecem energia a outras regiões do país (Carvalho et al., 2002). Além dos projetos de melhoramento de infra-estrutura, o governo militar também encorajou entre 1966 e 1985, o desenvolvimento de atividades econômicas como a agricultura e a pecuária a partir do estabelecimento de projetos de colonização com incentivos fiscais (631 de 950 projetos foram aprovados para financiamentos entre 1966 e 1985). Segundo

Skole e colaboradores (1994), 90% da área desflorestada em 1988 tinham sido gerados depois de 1970.

As políticas de colonização e incentivos fiscais desencadearam uma forte migração para Amazônia como válvula de escape para os problemas sociais de outras regiões (Skole et al., 1994), e causaram recorrentes conflitos fundiários motivados pela ausência de titularidade da terra e pela pressão da reforma agrária (Fearnside, 1985, 2001; Hecht e Cockburn, 1990; Soares-Filho et al., 2004); até o recente cenário macroeconômico (Margulis, 2003), envolvendo o avanço da exploração madeireira (Nepstad et al., 2001), o aumento da pecuária extensiva (Kaimowitz et al., 2004; Barreto et al., 2005; Fearnside, 2005) e o “boom” do agronegócio, notadamente a expansão das culturas de soja sobre áreas de pastagens e florestas (Fearnside, 2000; Alencar et al., 2004). Os projetos de abertura de estradas e de pavimentação completam este quadro, posto que promovem a viabilidade econômica da agricultura e da exploração madeireira na Amazônia Central, com conseqüente valorização de suas terras.

Contudo, o desmatamento não é distribuído homogeneamente, mas concentrado ao longo do denominado “Arco do Desmatamento” cujos limites se estendem do sudeste do Estado do Maranhão, ao norte do Tocantins, sul do Pará, norte do Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do Estado do Acre (Ferreira et al., 2005). A parte Sul do Estado do Amazonas tem atualmente alcançado altas taxas de desmatamento. Entre os municípios do Amazonas afetados pelo processo acelerado de desmatamento, Lábrea destaca-se por apresentar a maior taxa de desmatamento, conforme ao relatório do Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia- PRODES, gerenciado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2006). A região do município de Lábrea está submetida à crescente pressão da expansão do Arco do Desmatamento, que tem levado à perda de cobertura florestal, principalmente em decorrência da atividade agropecuária. As mudanças de uso da terra têm provocado conflitos sociais através do processo de grilagem de terras públicas e da atividade agropecuária, essencialmente, contribuindo para a expulsão de trabalhadores na atividade extrativista da região. Ao mesmo tempo, com objetivo de proteger a floresta dos impactos futuros da reconstrução da BR-319 e assegurar a atividade extrativista da região, foram propostas pelo governo federal em 2006 quatro áreas protegidas no município de Lábrea. Foram planejadas as Reservas Extrativistas (RESEX) do Ituxi e do Médio Purus, a Floresta Nacional (FLONA) do Iquiri e o Parque Nacional (PARNA) do Mapinguari, conjuntamente com a criação da Área sob Limitação Administrativa Provisória (ALAP) da BR-319. Foi no início de 2008, que as quatro áreas protegidas foram decretadas.

Para frear e controlar o avanço do desmatamento, que destrói ecossistemas naturais e provoca graves conflitos sociais, é importante que seja estabelecido um ordenamento territorial adequado, levando em consideração áreas prioritárias para proteção ambiental e a sustentabilidade socioeconômica das atividades desenvolvidas. Neste contexto, a modelagem computacional da dinâmica de uso da terra pode ser considerada como uma ferramenta útil. Esta permite desvendar a complexa relação entre fatores sócio-econômicos e biofísicos que influenciam os padrões de mudança de cobertura da terra (Lambin et al., 2000; Geist e Lambin, 2002). Também, é possível, através de projeções futuras, estimar impactos potenciais destas mudanças (Briassoulis, 2000). O uso de modelos que incluem uma representação mais próxima possível de padrões reais permite comparar cenários futuros e antever possíveis impactos futuros, visando auxiliar a tomada de decisão em relação às possíveis ações do governo, como infra-estruturas, áreas de proteção ambiental, entre outras (Laurance et al., 2001; Andersen et al., 2002; Aguiar, 2006; Soares-Filho et al., 2006; Fearnside et al., 2007). A modelagem da dinâmica do uso da terra permite antecipar a expansão do desmatamento, o que ajuda e apóia a decisão pública.

Neste estudo, utilizaremos o modelo AGROECO que foi desenvolvido no laboratório de AgroEcologia do INPA dentro do projeto de pesquisa integrado à rede GEOMA do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT (Fearnside et al., 2007). Este modelo foi gerado com o programa computacional DINAMICA-EGO, acoplado a um modelo não espacial elaborado no VENSIM (programa computacional de simulação não-espacial). O programa computacional DINAMICA-EGO é a nova versão do programa DINAMICA, ambos desenvolvidos por uma equipe de pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG (Soares-Filho et al., 2002; Rodrigues et al., 2007). Este programa computacional é capaz de realizar simulações da dinâmica da paisagem. Um dos métodos empregados pelo programa é o método de autômatos celulares. Algumas das aplicações deste programa computacional incluem a avaliação da fragmentação da paisagem florestal em relação à arquitetura de projetos de colonização, estudos de corredores de conservação, replicação de padrões e processos de difusão e também a dinâmica urbana de mudança no uso do solo (Soares-Filho et al., 2002, 2004).

Através do modelo AGROECO, foram feitas projeções espaciais futuras dos remanescentes florestais no município de Lábrea e em uma área de influência de 100 km em seu entorno, intersectando-se com alguns municípios do Sul do Estado do Amazonas e municípios dos Estados do Acre e de Rondônia. Os cenários elaborados estão relacionados à recém criação das unidades de conservação, inicialmente propostas para a ALAP/ BR-319,

em especial, as duas RESEX, a FLONA e o PARNA supracitados. Cenários *Business As Usual*- BAU ou mesmo do que sempre não consideram as recentes áreas protegidas e cenários de Governança - GOV ou de conservação as consideram. Assim, o trabalho teve como objetivo modelar cenários que demonstrem a efetividade dessas áreas protegidas em reduzir o avanço do desmatamento nesta região.

Esta dissertação está dividida em dois capítulos. O Capítulo I apresenta análises da inibição do desmatamento exercido pelas áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento e cálculos de pesos de evidência específicos a essa área. O Capítulo II apresenta cenários de simulação do desmatamento da região de Lábrea até 2040 e avalia a efetividade de áreas protegidas recém criadas em conter o desmatamento futuro do município de Lábrea.

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é de aplicar o modelo AGROECO, desenvolvido por Fearnside et al. (2007) para simular as trajetórias de desmatamento do município de Lábrea até 2040, e com base de comparação entre cenários *Business As Usual* (ou Mesmo de sempre) e cenários de conservação, avaliar a efetividade das RESEX do Ituxi e do Médio Purus, da FLONA do Iquiri e do PARNA do Mapinguari, recém criadas, em conter o avanço do desmatamento na região.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Analisar a efetividade histórica das áreas protegidas em conter o desmatamento dentro de seus limites na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento entre 1997 e 2007;
- 2) Calcular pesos de evidência homogeneamente distribuídos para as áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento, específicos às categorias de uso (áreas protegidas de uso sustentável, áreas protegidas de proteção integral e terras indígenas) e categorias de uso associadas à esfera administrativa (áreas protegidas de uso sustentável estaduais, áreas protegidas de uso sustentável federais, áreas protegidas de proteção integral estaduais, áreas protegidas de proteção integral federais e terras indígenas);
- 3) Calcular pesos de evidência gradualmente distribuídos (como função da distância euclidiana interna da área protegida) das áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento, específicos às categorias de uso (áreas protegidas de uso sustentável, áreas protegidas de proteção integral e terras indígenas) e categorias de uso associadas à esfera administrativa (áreas protegidas de uso sustentável estaduais, áreas protegidas de uso sustentável federais, áreas protegidas de proteção integral estaduais, áreas protegidas de proteção integral federais e terras indígenas);
- 4) Analisar e identificar as causas subjacentes ao desmatamento da região de Lábrea;
- 5) Calibrar o modelo em uma região próxima à hidrelétrica de Samuel (RO): calcular as taxas de transição e calcular os pesos de evidência das variáveis explicativas em relação às mudanças de uso da terra;

6) Modificar os modelos de fricção, atratividade e de proteção do modelo AGROECO para distinguir as classes de uso associadas à esfera administrativa das áreas protegidas;

7) Validar o modelo AGROECO na região de Lábrea;

8) Modelar oito cenários futuros da região de Lábrea:

- Grupo I de cenários “O mesmo de sempre”, *Business as Usual*- BAU, baseados nas tendências históricas de desmatamento da região próxima à hidrelétrica de Samuel (RO) entre 2004 e 2007. Os cenários não incluem a recente criação das RESEX do Ituxi e do Médio Purus, da FLONA do Iquiri, do Parque do Mapinguari e as outras áreas protegidas propostas conjuntamente à ALAP. A análise inclui todas as áreas protegidas existentes antes de 2008.

Modelar quatro cenários incluindo diferentes combinações de pesos de evidência das áreas protegidas e pesos de evidência das áreas de entorno às áreas protegidas, calculados na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento de maneira a simular mais realisticamente a efetividade futura das recentes áreas protegidas.

- Grupo II de cenários de *Governança*, GOV, baseados nas tendências históricas de desmatamento da região próxima à hidrelétrica de Samuel (RO) entre 2004 e 2007 considerando a recente criação das áreas protegidas e as outras áreas protegidas propostas conjuntamente à ALAP, além das áreas protegidas existentes antes de 2008.

Modelar quatro cenários incluindo diferentes combinações de pesos de evidência das áreas protegidas e pesos de evidência das áreas de entorno às áreas protegidas, calculados na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento de maneira a simular mais realisticamente a efetividade futura das recentes áreas protegidas.