

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
Janeiro 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 de 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 Biosphere, Atmosphere) 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 o 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.

Capítulo I - Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte Sudoeste do “Arco do Desmatamento”¹

Resumo

O Arco do Desmatamento da Amazônia Brasileira, em seu avanço contínuo, já alcançou a parte Sul do Amazonas. Nesta região, a pressão que estimula seu crescimento se origina nos estados vizinhos, Acre e Rondônia. Estes estados já conheceram processos de desmatamento intensos relacionados pela expansão da fronteira agropecuária e sua consolidação. Os novos focos de desmatamento já afetaram o município de Lábrea, situado próximo às fronteiras do Acre e Rondônia. 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. Recentemente, o Ministério dos Transportes prevê a reconstrução da BR-319 (rodovia Manaus-Porto Velho) no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o asfaltamento do trecho Humaitá/Lábrea da BR-230 (rodovia Transamazônica). Esta reconstrução reativará o eixo Porto-Velho/Manaus, o que poderia direcionar a pressão observada no Sul do Amazonas aos municípios situados na área sob influência da BR-319. Assim, foram propostas também pelo governo várias áreas protegidas na Área sob Limitação Administrativa Provisória (ALAP) da BR-319, na qual quatro foram recentemente criadas em Lábrea. Com o objetivo de modelar a dinâmica futura do desmatamento em Lábrea e comprovar a efetividade das áreas protegidas recentes em conter o desmatamento, este estudo analisou a vulnerabilidade ao desmatamento de áreas protegidas já implementadas nos Estados do Acre, Rondônia e Sul do Amazonas, parte Sudoeste do Arco do Desmatamento, para entender como as áreas protegidas de Lábrea poderão ser futuramente afetadas. As análises revelaram a efetividade das áreas protegidas em conter o desmatamento na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento. A maioria das áreas protegidas apresentou taxas de desmatamento inferiores às taxas da área de seu entorno de 10 km, foi o caso de 90% das áreas protegidas. Em 2007, em média, o desmatamento foi 2 vezes maior fora da reserva do que dentro para as Unidades de Proteção Integral, chegando até 3,8 vezes maior fora da reserva do que dentro no caso das Terras Indígenas. Quando considerada a categoria “uso associado à esfera administrativa”, em média, o desmatamento foi 1,6 vezes maior fora da reserva do que dentro para as Unidades de Proteção Integral Estaduais, sendo 25,9 vezes maior fora da reserva do que dentro nas Unidades de Proteção Integral Federais. Como entrada, o modelo *AGROECO* utiliza pesos de evidência que representam a probabilidade de ocorrer desmatamento dentro das áreas protegidas. Os pesos obtidos mostraram uma repulsão variável das áreas protegidas ao desmatamento em relação a suas categorias de uso e uso/esfera administrativa. As Terras Indígenas foram as mais repulsivas com um valor para o peso de evidência de -2,57, as Unidades 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 de -0,15. Considerando os pesos de evidência em relação à distância interna das áreas protegidas, estes declinaram quando a distância euclidiana aumentou da borda interna da área protegida até o seu centróide. Assim, as áreas protegidas apresentam um peso de evidência que varia com a distância interna, considerando que as probabilidades de desmatar no perímetro interno das unidades de conservação são bem mais elevadas do que no centróide destas.

Palavras-chave: Amazônia, desmatamento, modelagem ambiental, áreas protegidas, efetividade.

¹ Esse capítulo está escrito sob as normas da revista *Forest Ecology and Management*.

Introdução

A biodiversidade amazônica e os serviços ambientais prestados pela floresta amazônica estão ameaçados pelo avanço do desmatamento. O avanço contínuo do desmatamento sobre os estados da Amazônia leva à perda da cobertura florestal, modificando ecossistemas naturais, extremamente ricos em espécies vegetais e animais. Para frear e evitar a conversão da floresta nativa, o governo brasileiro criou grandes blocos de áreas protegidas. Um dos papéis das áreas protegidas, além de conservar a biodiversidade e manter os serviços ambientais, é de proteger as populações locais. Hoje, as áreas protegidas compreendem quase 40% do território amazônico, dos quais 20% são cobertos por Terras Indígenas (TI), gerenciadas pela FUNAI (Fundação Nacional do Índio) e 20% por Unidades de Conservação (UCs) estaduais e federais (ISA, 2008). As Terras Indígenas, embora não sejam Unidades de Conservação, integram o Plano Nacional de Áreas Protegidas (PNAP). Hoje, aproximadamente 50% das florestas remanescentes são áreas protegidas (Soares-Filho e Dietzsch, 2008).

Atualmente, num contexto onde altas taxas de desmatamento ainda são constatadas a cada ano na Amazônia brasileira, uma questão importante que se destaca é saber se as políticas públicas voltadas à criação de áreas protegidas são realmente eficientes para diminuir o processo de desmatamento dentro de seus limites e se a implementação destas é suficiente para cumprir sua função que é de resistir à pressão antrópica exercida nos seus limites.

Para avaliar a efetividade das áreas protegidas dentro de seus limites é importante analisar a proporção do desmatamento dentro e fora dos limites do conjunto de áreas protegidas na Amazônia. Ferreira et al. (2005) demonstraram a eficiência dessas áreas, analisando as frações de áreas desmatadas dentro e fora das áreas protegidas no ano de 2005, considerando a totalidade da área protegida e áreas de entorno de 10 e 30 km. Estes autores encontraram para os Estados de Rondônia, Pará e Mato Grosso uma fração de desmatamento menor (1,5% a 4,7%) dentro das UCs (Terras Indígenas, Unidades de Uso Sustentável e de Proteção Integral) do que fora das UCs (29,2% a 48,1%). Outro estudo realizado por Nepstad et al. (2006), utilizando imagens de satélites entre 1997 e 2000 para avaliar o efeito inibidor das áreas de proteção, indicou que esse efeito não foi diferente a um nível estatisticamente significativo entre as Terras Indígenas e Unidades de Proteção Integral. O autor analisou dessa vez o desmatamento dentro de uma faixa externa de 10 km ao redor da área protegida e dentro de uma faixa interna de 10 km a partir dos limites da área protegida.

Hoje, os dados de desmatamento disponibilizados pelo projeto PRODES (Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite) desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) permitem analisar uma série temporal mais longa (1997-2007), permitindo uma análise mais completa do comportamento das UCs em resposta ao avanço do desmatamento. Recentemente, Soares-Filho e Dietzsch (2008) utilizaram os dados do PRODES para avaliar a efetividade das áreas protegidas sob suporte do programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA). Seus resultados mostram que as Unidades de Uso Sustentável suportadas pelo programa ARPA foram significativamente mais efetivas do que as não suportadas pelo programa. Uma questão muito importante é a localização geográfica das áreas protegidas na Amazônia, a proximidade destas áreas ao Arco do Desmatamento modifica sua efetividade. As áreas protegidas em região sob forte pressão antrópica expressam geralmente mais dificuldade em reter o avanço do desmatamento dentro de seus limites. Para comparar a efetividade destas, é necessário distinguir as áreas protegidas situadas no Arco do Desmatamento daquelas isoladas dessa dinâmica (Sá e Ferreira, 2000).

No Sul do Amazonas, o município de Lábrea tem sido pressionado pelo avanço do desmatamento, oriundo dos Estados de Rondônia e do Acre. Em 2006, quatro áreas protegidas foram propostas para frear o desmatamento da região e também em prevenção aos impactos ambientais da reconstrução da rodovia BR-319, prevista antes de 2012. Estas são compostas por duas Reservas Extrativistas (RESEX do Ituxi e do Médio Purus), uma Floresta Nacional (FLONA do Iquiri) e um Parque Nacional (PARNA do Mapinguari), com as suas criações decretadas pelo governo federal no início de 2008.

Desta maneira, o objetivo deste estudo foi avaliar a efetividade histórica de proteção ao desmatamento (dentro de seus limites) das UCs, em regiões próximas a parte Sul do Amazonas onde já ocorreram os processos de expansão e consolidação da fronteira agrícola, e que são esperados ocorrerem em Lábrea.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo possui 392.874 km² e compreende o Estado de Rondônia, partes do sul do Estado do Amazonas e do Estado do Acre e áreas vizinhas ao município de Lábrea como indica a Figura 1. A partir de uma análise visual do desmatamento (PRODES, 2008) foi selecionada uma área de estudo que compreende uma fração consideravelmente desmatada dentro de uma faixa de 100 km ao redor das estradas federais, correspondendo a parte

Sudoeste do Arco do Desmatamento. Como o Arco do Desmatamento não tem uma delimitação precisa, dificultada pela sua contínua dinâmica, escolhemos subjetivamente uma área que corresponderia à parte Sudoeste do Arco do Desmatamento.

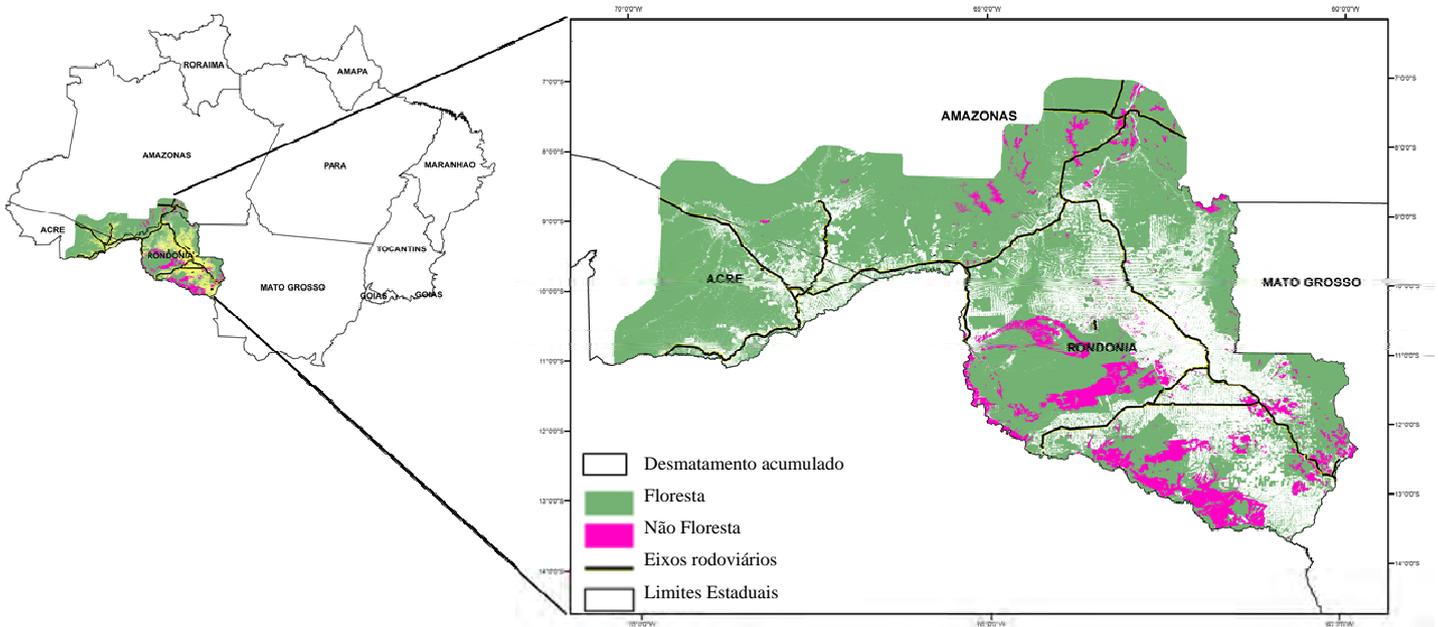


Figura 1. Área de estudo compreendendo o Estado de Rondônia, uma parte dos Estados do Acre e do Amazonas.

A área de estudo apresenta, como principais formações vegetais, a floresta ombrófila aberta e a floresta ombrófila densa (IBGE, 2007). Os solos predominantes da região são latossolos e argissolos (IBGE, 2007). O clima típico da região é tropical quente úmido. Os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para cidade de Porto-Velho, principal cidade da área de estudo, indicam que a temperatura média varia entre 23 e 26 °C. A taxa de precipitação mensal indica que o período chuvoso ocorre entre Dezembro a Fevereiro com taxas de precipitação mensais acima de 300 mm, enquanto o período seco ocorre de junho a agosto com valores mensais de chuva da ordem de 50 mm. Os rios principais que atravessam a área de estudo são o Rio Purus e o Rio Madeira.

Seleção das áreas protegidas

Para modelar o desmatamento do município de Lábrea e prever o nível de proteção que será assumido pelas áreas protegidas recentemente criadas, precisa ser estudada a eficiência das áreas protegidas em áreas vizinhas, que podem apresentar as mesmas características esperadas para a área de Lábrea. Para definir essa área de estudo, selecionamos dois critérios. Primeiramente, como o município de Lábrea está localizado na região de novas frentes de

desmatamento, adjacente à chamada “fronteira consolidada”, espera-se, que em médio prazo, experimente os mesmos processos de consolidação, caracterizados pela intensificação do desmatamento. Assim, as áreas protegidas selecionadas estão localizadas em áreas de fronteira consolidadas do Arco do Desmatamento. Adicionalmente, estas áreas situam-se a uma distância máxima de 100 km de eixos rodoviários importantes do Arco do Desmatamento. A influência da rede rodoviária deve ser considerada porque os padrões de desmatamento do município de Lábrea são influenciados pelas estradas BR-319, BR-320 e BR-317. Dentro das áreas protegidas, selecionamos as Terras Indígenas (TI), as Unidades de Uso Sustentável (UUS) e Unidades de Proteção Integral (UPI), federais e estaduais (Figura 2). Para Unidades de Proteção Integral, consideramos as seguintes categorias: federais- Parque Nacional (PARNA), Reserva Biológica (REBIO), Estação Ecológica (ESEC); estaduais- Parque Estadual (PARES), Estação Ecológica Estadual (ESEES), Reserva Biológica Estadual (REBES) e para as Unidades de Uso Sustentável: federais- Reserva Extrativista (RESEX), Floresta Nacional (FLONA); estaduais- Floresta Extrativista (FLOREX), Floresta de Rendimento Sustentável (FLORSU), Reserva Extrativista (RESEX).

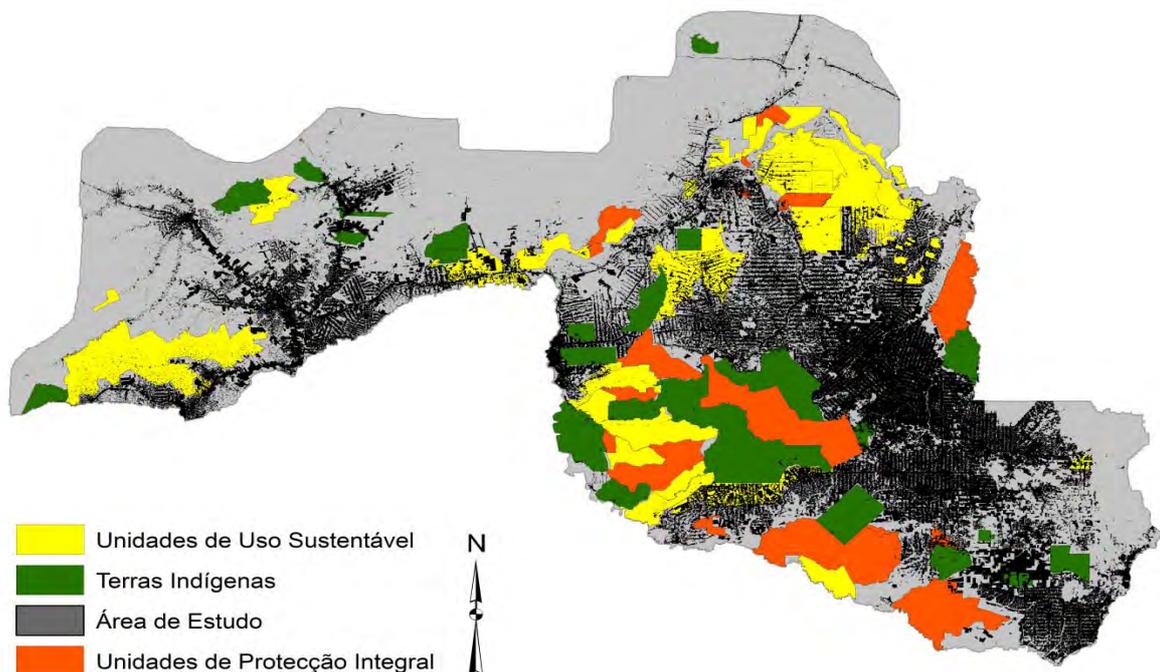


Figura 2. Delimitação espacial do desmatamento de 2007 e conjunto de áreas protegidas estudadas da área de estudo. Em preto, o desmatamento e em cinza a floresta e não floresta.

As áreas de Uso Sustentável permitem o uso de recursos naturais ao contrário das Unidades de Proteção Integral que não autorizem a presença de moradores dentro de seus limites (SNUC, 2000). Todas as áreas selecionadas foram homologadas e regularizadas. Por

sua vez, todas as áreas que estavam na intersecção da área de estudo foram excluídas, sendo apenas consideradas as áreas inteiramente compreendidas dentro dos limites da área de estudo. Também, as áreas protegidas com tamanho inferior a 10.000 ha não foram consideradas na presente análise.

Dados cartográficos

Foram utilizados os dados de desmatamento liberados pelo INPE, estes dados representam uma série temporal de dez anos entre 1997 e 2007. A resolução espacial disponibilizada para o mosaico da Amazônia Legal é de 120 m. Os dados espaciais de rede viária foram adquiridos no Centro de Sensoriamento Remoto (CSR) da Universidade Federal de Minas Gerais. Os mapas de áreas protegidas foram obtidos pelo ISA (Instituto Socioambiental) e pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).

Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas

Sobrepondo os mapas de áreas protegidas e os mapas de desmatamento (PRODES), foi possível estimar a proporção de desmatamento dentro e fora de cada área protegida entre os anos 1997 e 2007. Para analisar o desmatamento na região circunvizinha da área protegida foram delimitadas áreas de entorno (*buffer*) de 10 km e de 30 km ao redor das áreas protegidas (Figura 3). Esta análise foi realizada em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). A partir das tabelas associadas aos polígonos de desmatamento dentro das áreas protegidas, podem-se avaliar as taxas anuais de desmatamento acumulado, a área desmatada acumulada e a fração da área desmatada para os anos 1997, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007 em relação à área florestada da área protegida. Uma vez obtidas as frações de desmatamento dentro e fora da área, foi possível avaliar o desmatamento dentro da área protegida em relação à pressão externa. Para isto, foi analisada a razão entre a fração de área desmatada na área de entorno e a fração de área desmatada dentro da área protegida. Essa razão promove uma medida de desempenho ou eficiência da área protegida.

Observa-se aqui, que as taxas anuais de desmatamento para os anos de 1998 e 1999 não foram utilizadas nas análises por não estarem disponíveis no banco de dados do PRODES.

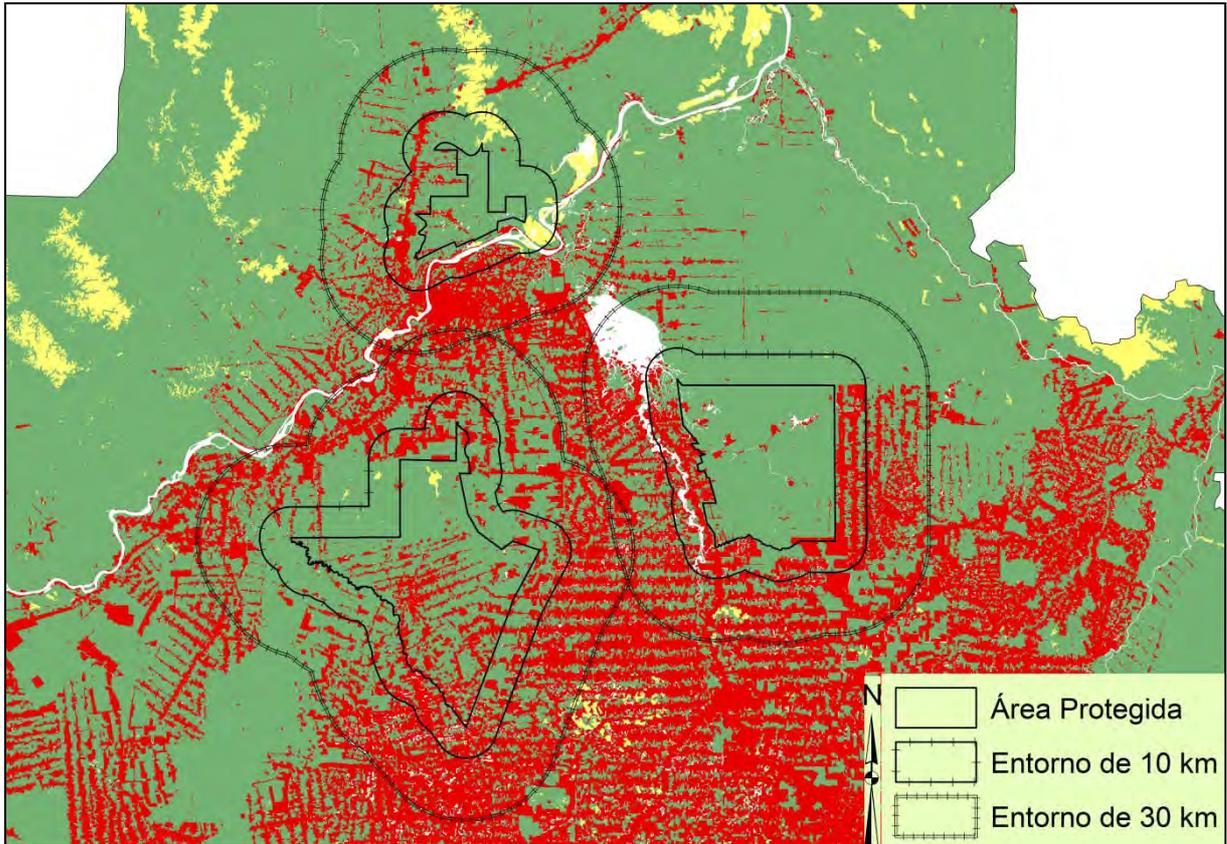


Figura 3. Mapa de cobertura/uso da terra em 2007 com áreas protegidas e áreas de entorno de 10 e 30 km ao redor das áreas protegidas. O desmatamento aparece em vermelho, a floresta em verde e não floresta em amarelo.

Cálculo dos pesos de evidência no programa computacional DINAMICA-EGO

Para simular o efeito das áreas protegidas, o modelo AGROECO (Fearnside et al., 2007) precisa utilizar como entrada pesos de evidência que representam o efeito de uma variável espacial na mudança de uso da terra. Um desses pesos é atribuído às áreas protegidas e representa o efeito da criação de uma área protegida na inibição ao avanço do desmatamento. Assim, um cálculo de pesos de evidência específicos para categorias de uso e para categorias de uso relacionadas à esfera administrativa (unidades de uso sustentável ou de proteção integral, estaduais ou federais), também, foi realizado para analisar, posteriormente, o efeito das áreas protegidas sobre o avanço do desmatamento, a partir da criação de UCs na região de Lábrea.

A análise bayesiana de pesos de evidência desenvolvida no programa computacional DINAMICA-EGO calcula as probabilidades *a posteriori* de mudança de uso da terra, neste caso, o desmatamento, considerando a distribuição espacial de um conjunto de variáveis. Os

pesos de evidência representam a influência de cada variável nas probabilidades espaciais de uma transição de um estado i para j , sendo calculado pelas equações 3 até 11.

$$P(D|A) = \frac{P(D \cap A)}{P(A)} \quad (3)$$

$$P(A|D) = \frac{P(A \cap D)}{P(D)} \quad (4)$$

$$P(A \cap D) = P(A|D) \times P(D) \quad (5)$$

Por substituição da equação 5 na equação 1, obtém-se:

$$P(D|A) = P(D) \times \frac{P(A|D)}{P(A)} \quad (6)$$

Da mesma maneira, considerando o não-evento D , \bar{D} , obtém-se:

$$P(\bar{D}|A) = P(\bar{D}) \times \frac{P(A|\bar{D})}{P(A)} \quad (7)$$

Aplicando-se uma razão entre as equações 6 e 7, obtém-se:

$$O(D|A) = O(D) \times \frac{P(A|D)}{P(A|\bar{D})} \quad (8)$$

$$\log O(D|A) = \log O(D) + \log \frac{P(A|D)}{P(A|\bar{D})} \quad (9)$$

$$\log O(D|A) = \log O(D) + W^+ \quad (10)$$

$$\log O(D|A_i) = \log O(D) + \sum_{i=1}^n W_i^+ \quad (11)$$

Onde $O(D)$ e $O(D|A)$ são as razões de chances, respectivamente, de ocorrer *a priori* o evento D e ocorrer D dado um padrão espacial A . W^+ é, portanto, o peso de evidência de ocorrer um evento D , dado um padrão espacial A . Quando considerados vários padrões espaciais A_i , os pesos de evidência relacionados a esses padrões são somados, conforme a equação 11. Os calculos de pesos de evidência são calculados por um modulo interno ao programa DINAMICA-EGO, o fluxograma do processo é apresentado na Figura 4.

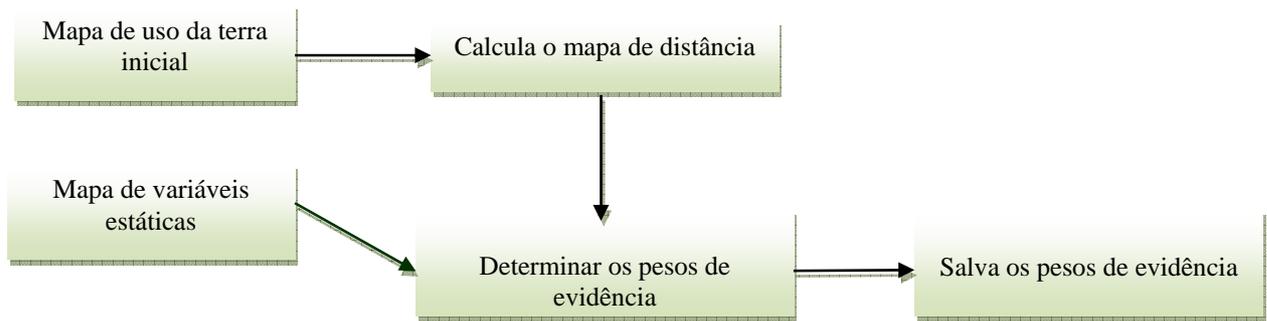


Figura 4. Figura apresentando o fluxograma do cálculo os pesos de evidência. Fonte: Software DINAMICA EGO

Este estudo teve por interesse calcular a probabilidade *a posteriori* de ocorrer desmatamento no caso da presença ou ausência da área protegida, e diferenciar esses pesos em função da categoria a qual as áreas protegidas pertencem. Em vez de considerar as variáveis “áreas protegidas” unicamente como classes binárias, o que sempre foi feito nos recentes trabalhos (Soares-Filho et al., 2006; Fearnside et al., 2007), considerou-se também como variável a distância euclidiana desde o limite exterior da área protegida, ou seja, uma superfície interna de distância da borda permitindo um ajuste dos pesos de evidência. Dessa maneira, os pesos de evidência são obtidos em função da distância interna da área protegida em relação aos seus limites em vez de considerar pesos de evidência homogêneos para a área protegida. Esses pesos variando com a distância interna da área protegida serão utilizados na simulação do desmatamento na região de Lábrea e comparados com os pesos obtidos para as variáveis categóricas (binárias). Assim, com os pesos de evidência variando com a distância, o modelo será capaz de distinguir os pesos de evidência próximos à borda interior do limite da área protegida daqueles próximos ao centróide. Vários trabalhos têm mostrado que as diferentes categorias de áreas protegidas têm um comportamento distinto frente ao avanço da pressão antrópica exterior a seus limites (Ferreira et al., 2005; Nepstad et al., 2006), e que algumas dessas categorias são mais ou menos eficientes para resistir a esse avanço dentro dos seus limites. Assim, calculamos os pesos de evidência homogêneos associados às áreas protegidas como classes binárias e posteriormente os pesos de evidência como função da distância euclidiana dentro dos limites destas para as seguintes categorias: UUS- Unidades de Uso Sustentável, UUS-Est Unidades de Uso Sustentável Estaduais, UUS-Fed Unidades de Uso Sustentável Federal; UPI- Unidades de Proteção Integral, UPI-Est Unidades de Proteção Integral Estaduais, UPI-Fed Unidades de Proteção Integral Federais e TI- Terras Indígenas. A análise dos pesos de evidência foi realizada considerando as categorias de uso das 80 áreas

protegidas e suas categorias de uso relacionadas à esfera administrativa. Calculamos os pesos de evidência para os seguintes intervalos anuais: 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006, e 2006/2007.

Eficiência das áreas protegidas em conter o desmatamento e pesos de evidência

Para comparar a eficiência das diferentes áreas de proteção em inibir o desmatamento, foram utilizados testes estatísticos não paramétricos devido a não normalidade da distribuição dos dados de desmatamento obtidos dentro das áreas protegidas. Primeiramente, para avaliar o efeito inibidor ao desmatamento exercido pelas reservas (área de entorno de 10 km *versus* área protegida), foram comparadas as frações de desmatamento acumulado (%) para cada tipo de área protegida. Para analisar as diferenças estatísticas entre os tratamentos, utilizou-se o teste Wilcoxon para amostras dependentes, considerando cada passo anual entre 1997 e 2007. Os diferentes usos considerados são: UUS, UPI e TI. O teste Wilcoxon, também, foi aplicado para categorias de uso associado à esfera administrativa: UUS-Est, UUS-Fed, UPI-Est, UPI-Fed e TI. O teste Kruskal-Wallis com análise de variância de uma via para amostras independentes foi posteriormente utilizado para comparar o desempenho (razão supracitada) das áreas protegidas para cada tipo de uso (UUS, UPI e TI), para a esfera administrativa (estadual ou federal) na qual elas foram integradas, para o uso associado à esfera administrativa (TI, UUS-Fed, UUS-Est, UPI-Fed, UPI-Est) e para as categorias de Unidades de Uso Sustentável (FLONA, FLOREX, RESEX federais e estaduais e FLORSU). No caso da esfera administrativa, foram utilizados testes Mann-Whitney que corresponde ao teste Kruskal-Wallis reduzido a duas amostras. A variável dependente dessa análise foi a razão entre as frações de desmatamento acumulado dentro da área de entorno de 10 km da área protegida e dentro da área protegida. Finalmente foi utilizado o teste Kruskal-Wallis para amostras independentes para comparar os pesos de evidência (discretos) calculados em cada passo anual entre 1997 e 2007, para as categorias de uso e para as categorias de uso associadas à esfera administrativa.

Resultados

Quantificação e distribuição das áreas protegidas

Ao total, foram estudadas 80 áreas protegidas, sendo 16 de proteção integral, 23 terras indígenas e 41 unidades de uso sustentável. A quantidade de unidades estaduais foi maior que

as unidades de conservação federais (sem considerar as terras indígenas) com mais de 40 unidades estaduais e 15 unidades de conservação federal.

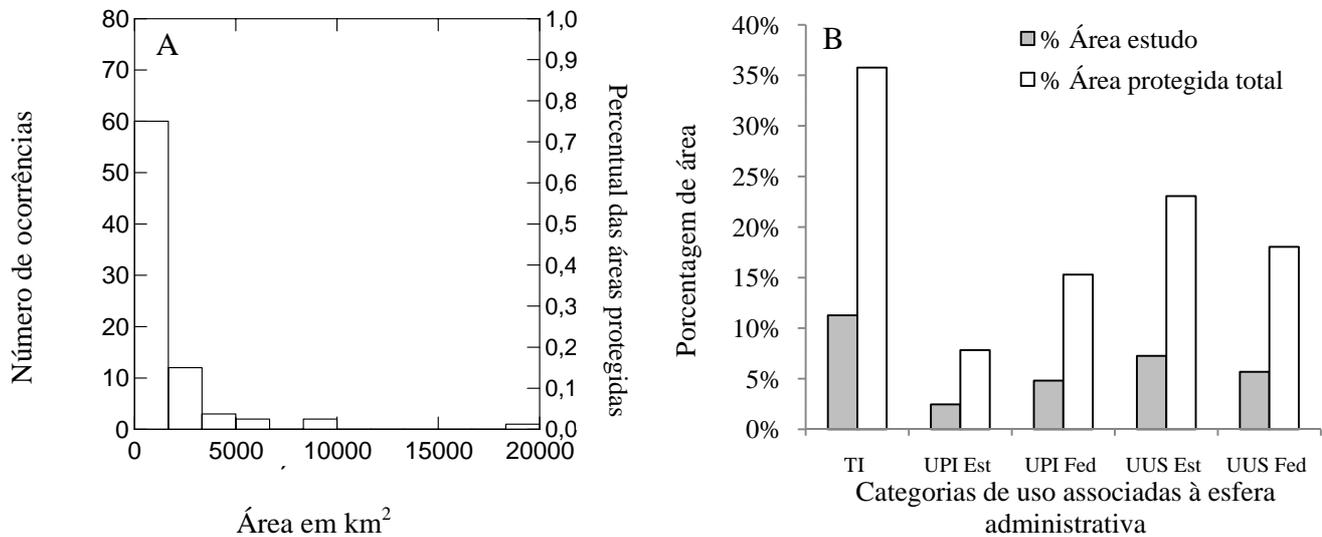


Figura 5. Histograma apresentando o número de ocorrências das classes de tamanho das áreas protegidas analisadas (A). Histograma apresentando a porcentagem de área protegida total em cada classe de uso associada à esfera administrativa das áreas protegidas e a porcentagem de área total (área de estudo)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

Quando comparadas as categorias de uso, as unidades de uso sustentável foram mais numerosas do que as terras indígenas e as unidades de proteção integral. A maioria das unidades de conservação analisadas apresenta áreas inferiores a 500 km² (40% das áreas protegidas). São as terras indígenas que apresentaram o maior percentual da área total, ou seja, que apresentam as maiores extensões de área protegida na área de estudo (Figura 5). A maior unidade de proteção foi a terra indígena do Uru Eu Wau Wau, com 18.376 km². As unidades apresentaram áreas de entorno de diversos tamanhos e com proporções distintas em relação ao tamanho da área protegida (Figura 6). Existem dois casos de proporcionalidade do tamanho das áreas de entorno em relação ao tamanho das áreas protegidas. No primeiro caso, as áreas de entorno são maiores do que as áreas protegidas (86% das áreas protegidas). Na maioria, esse caso foi observado quando áreas protegidas eram menores do que 4.000 km². No segundo caso, as áreas de entorno são menores do que as áreas protegidas (14% das áreas protegidas). Esse caso foi obtido quando as áreas protegidas foram maiores que 4.000 km². No entanto, esta proporcionalidade está também relacionada com o formato da área de proteção, onde formatos mais alongados tendem a ter áreas de entorno maiores do que formas circulares no caso de grandes áreas.

De maneira a homogeneizar nossa metodologia, não foi aplicada uma proporcionalidade em relação ao tamanho da área protegida para delimitar as áreas de entorno. Isso pode implicar que nas áreas de entorno de tamanho superiores às próprias áreas protegidas, as proporções de desmatamento sejam conseqüentemente maiores.

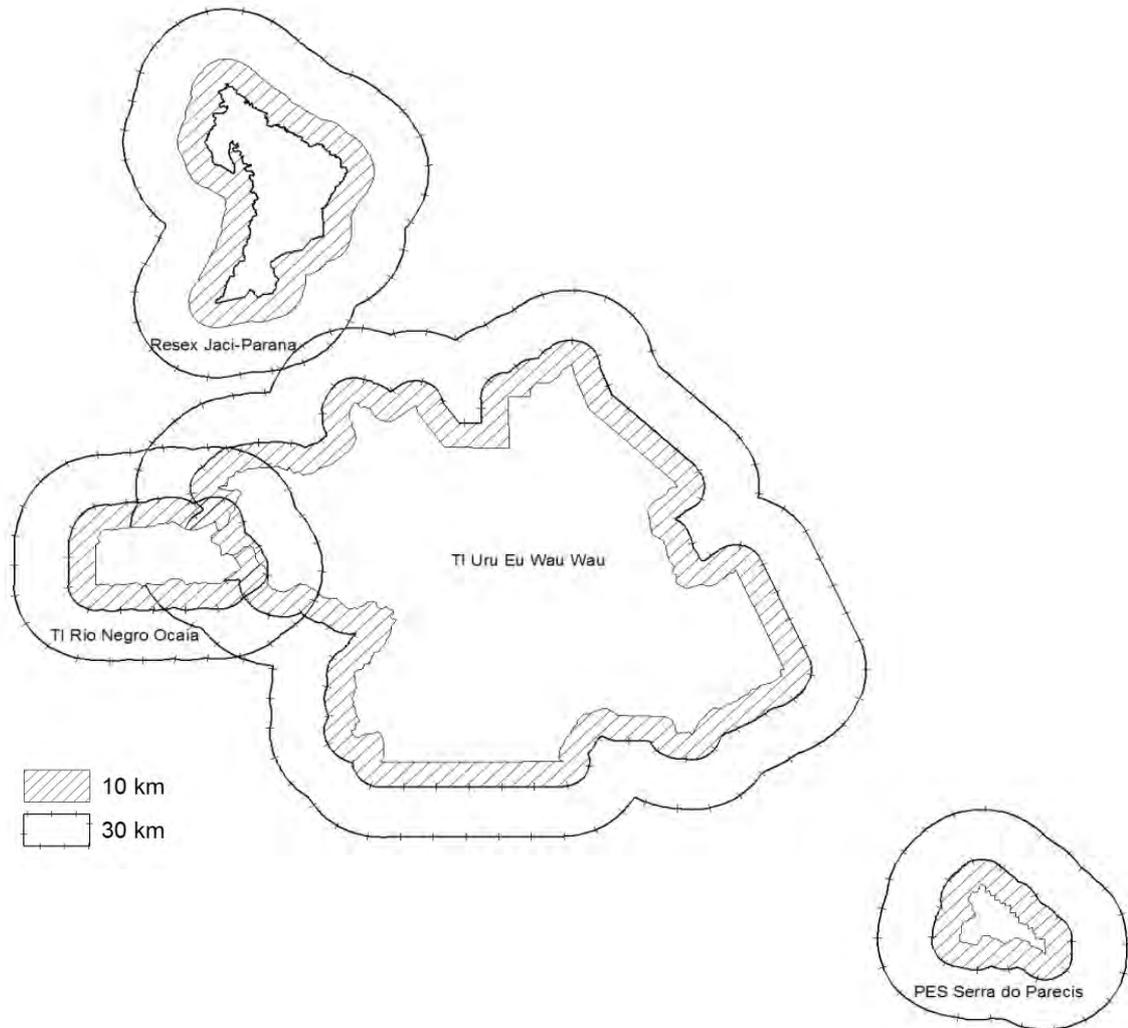


Figura 6. Exemplos de áreas protegidas analisadas com suas áreas de entorno de 10 e 30 km. Terra Indígena Uru Eu Wau Wau com uma área de 18.376 km² e uma área de entorno de 10 km de 7.620 km² (área protegida grande e área de entorno inferior a área protegida). Terra Indígena do Rio Negro Ocaia com uma 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).

Evolução do desmatamento dentro das áreas protegidas e áreas de entorno de 10 km entre 1997 e 2007

Foram analisadas as frações de desmatamento (% da área) dentro das áreas de entorno de 10 e 30 km e dentro das áreas protegidas entre 1997 e 2007 (Figura 7). A fração de desmatamento dentro da área de entorno de 10 km está correlacionada com a fração da área de entorno de 30 km (Análise de correlação, 0,97 Spearman, $p < 0.001$).

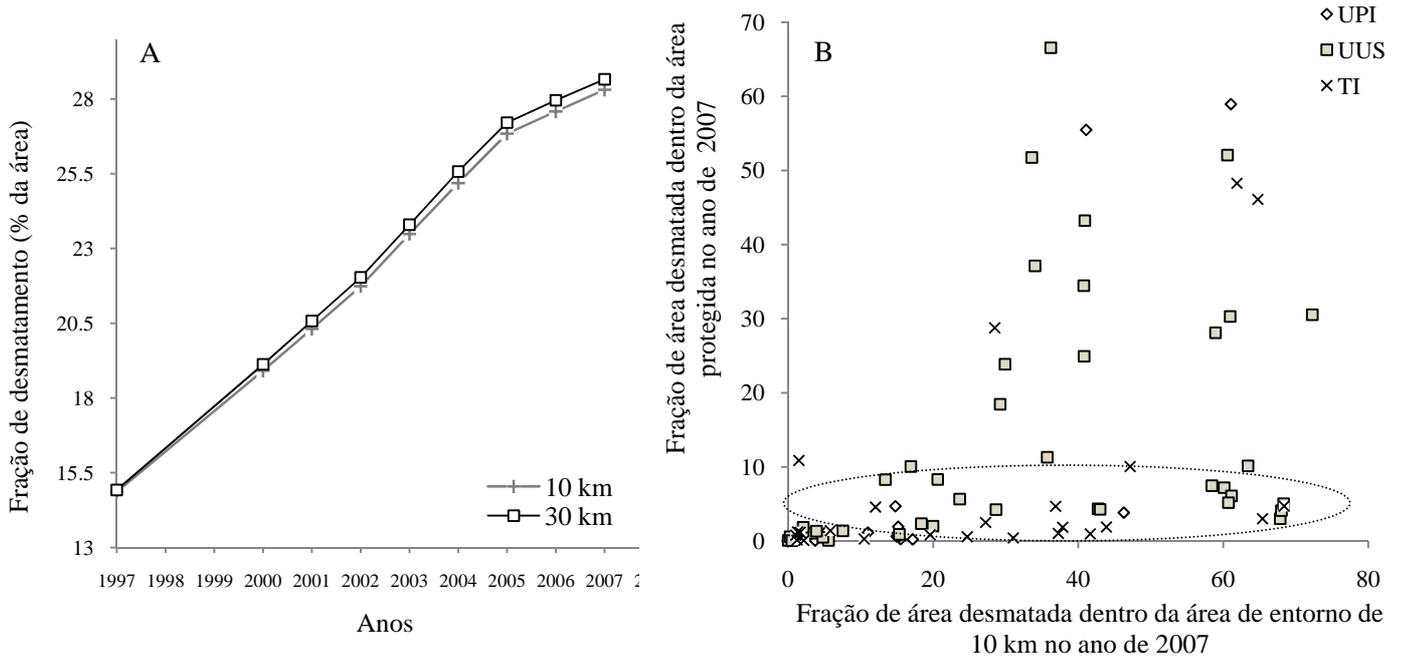


Figura 7. Evolução da fração média de desmatamento das áreas de entorno de 10 e 30 km das áreas protegidas entre 1997 e 2007 (A). Relação entre a fração de desmatamento da área de entorno de 10 km da área protegida com a fração do desmatamento da área protegida. A elipse aponta as áreas protegidas tendo sua fração de área desmatada inferior a 10% (B).

Assim, devido à correlação observada, a análise de frações de desmatamento dentro das áreas de entorno foi unicamente aplicada para áreas de entorno de 10 km. A área de 10 km é muito importante para limitar o impacto do avanço humano nas áreas protegidas, sendo definida como “área de amortecimento”. Essa área está espacialmente contígua à área protegida, o que pode representar uma barreira física ao desmatamento no seu interior. A maioria das áreas protegidas apresenta frações de desmatamento inferiores às frações da área de seu entorno de 10 km, é o caso de 90% das áreas protegidas. Ainda que as frações de desmatamento das áreas de entorno de 10 km apresentem valores maiores do que os 10%, alcançando até mais de 60% em alguns casos, mesmo assim, a maioria das frações de desmatamento dentro das UCs não ultrapassou os 15%. O eclipse da Figura 6B destaca essa

maioria. Em 2007, em média, o desmatamento foi duas vezes maior fora da reserva do que dentro para as Unidades de Proteção Integral, chegando a ser quase quatro vezes maior fora da reserva do que dentro para o caso das Terras Indígenas (Figura 8A). Quando considerada a categoria “uso associado à esfera administrativa”, a fração média de desmatamento na área externa foi 1,6 vezes maior do que nas áreas internas das Unidades de Proteção Integral Estaduais, chegando a ser 25,9 vezes maior fora da reserva do que dentro para as Unidades de Proteção Integral Federais (Figura 8B).

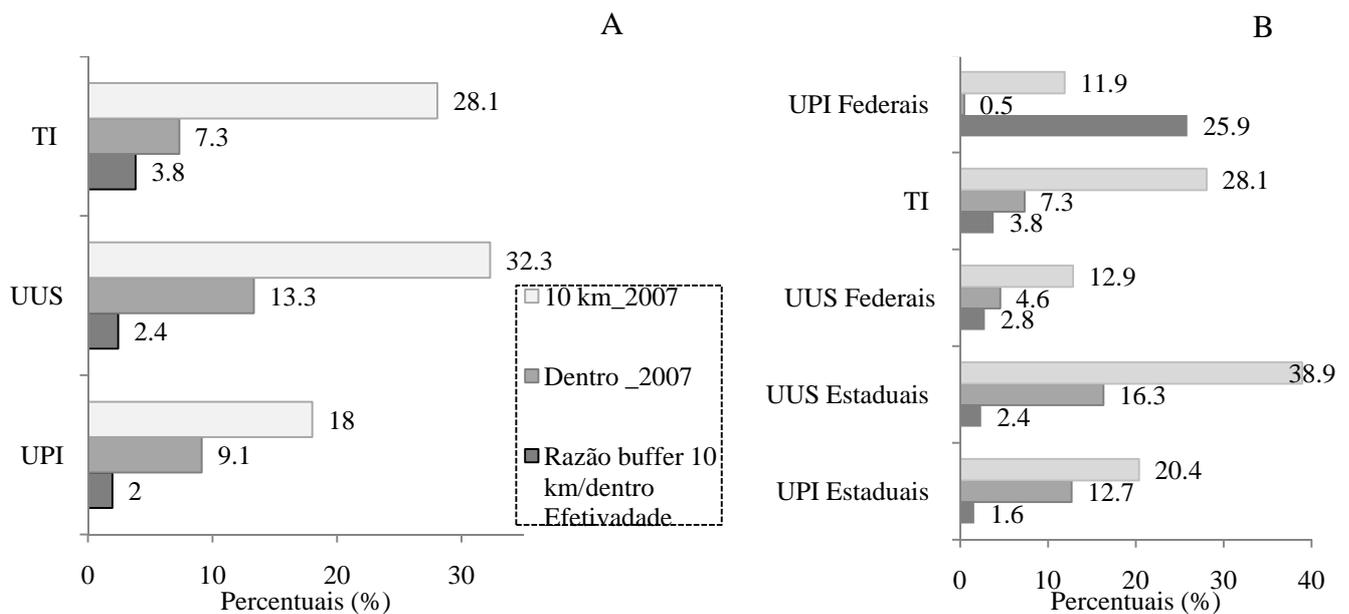


Figura 8. Fração de desmatamento (%) dentro e nas áreas de entorno de 10 km das áreas protegidas no ano de 2007 e a razão entre a fração de desmatamento da área de entorno de 10 km com a fração de desmatamento da área protegida. O gráfico (A) apresenta as frações de desmatamento para as categorias de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

Na Figura 8, pode-se observar como as frações de desmatamento evoluem entre 1997 e 2007 dentro das áreas protegidas e nas áreas de entorno de 10 km das áreas protegidas. As frações de desmatamento aumentaram com os anos para todas as categorias de uso. As frações mais altas encontraram-se no interior das Unidades de Uso Sustentável estaduais com uma fração média de 16,3 % (Figura 9B), sendo que estas também foram maiores nas áreas de entorno de 10 km das Unidades de Uso Sustentável estaduais com uma fração média de 38,9 % (Figura 9A). As Unidades de Proteção Integral federais apresentaram as menores frações de desmatamento dentro das áreas de entorno de 10 km com uma fração média de 11,9 %

(Figura 9A), sendo que estas também indicaram frações menores de desmatamento dentro dos seus limites com uma fração média de 0,5 % (Figura 9B).



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).

O efeito inibidor, ou seja, a diferença entre as frações de desmatamento dentro da área protegida em relação aquela da área de seu entorno de 10 km foi significativa para cada tipo de uso: terras indígenas ($p < 0,001$ para o período 1997- 2007); unidades de uso sustentável ($p < 0,001$ para o período 1997- 2007) e unidades de proteção integral ($p < 0,005$ para o período 1997- 2007). Comparando as razões entre frações de desmatamento das áreas de entorno (10 km) com as frações de desmatamento das áreas protegidas, observou-se que os resultados do teste Kruskal-Wallis não indicaram diferenças significativas das razões entre os diferentes tipos de uso para o período 1997-2007 ($p > 0,36$). O teste foi aplicado para cada ano entre 1997 e 2007. Quando foram comparadas as razões para as políticas de gestão das duas esferas administrativas (estaduais e federais), os resultados estatísticos do teste Mann-Whitney não indicaram significância antes do ano 2002 ($p > 0,11$). Entre 2002 e 2007 observou-se uma diferença significativa da efetividade ao nível de 95% entre as áreas protegidas estaduais e

federais ($p < 0,05$). Isto indica que as áreas protegidas federais tiveram um melhor desempenho para frear o desmatamento dentro dos seus limites a partir do ano 2002.

Os desempenhos (ou razões) foram também comparados entre as categorias de uso em relação à esfera administrativa. Entre os anos 1997 e 2004, não houve diferença significativa ao nível de confiança de 90% ($p > 0,103$), entre 2004 e 2006, porém, notou-se uma diferença significativa ao nível de 90 % ($p < 0,057$). Em 2007, a diferença aparece significante ao nível de confiança de 95% ($p = 0,045$). Finalmente, foram comparados os resultados obtidos para as diferentes categorias de áreas protegidas pertencendo ao grupo de unidades de uso sustentável. Essa análise é interessante considerando que, para as áreas protegidas de uso sustentável, as políticas estaduais e federais permitem diferentes tipos de uso dos recursos naturais, tais como manejo florestal sustentável ou exploração mineral, como é o caso da FLONA do Jamari (RO). Assim, pode ser verificado como essas atividades podem influenciar o desempenho da área protegida em conter o desmatamento. Com o teste de Kruskal-Wallis, não foram obtidas diferenças significativas (95%) do índice de eficiência entre os anos 1997 e 2007 ($p > 0,053$), o que indica que não houve diferenças significativas entre as categorias FLONA, FLOREX, FLORSU, RESEX-Estadual e RESEX-Federal.

Análise dos pesos de evidência

A análise dos pesos de evidência indicou que a probabilidade de desmatamento é maior na área de entorno de 10 km do que no interior da área protegida. As chances de ocorrerem desmatamento na vizinhança das áreas protegidas foram 1,3 vezes maiores do que dentro da área protegida.

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

Período (Ano)	UUS		UPI		TI		UPI Est.		UPI		UUS		UUS Fed.		UUS Fed.
	Buffer	UUS	Buffer	UPI	Buffer	TI	Buffer	Est.	Buffer	Fed.	Est.	Buffer	Est.	Buffer	
2000/2001	0,22	-0,39	-0,08	-1,27	0,40	-2,24	0,10	-1,26	-0,34	-3,46	0,37	0,01	-0,08	-0,06	
2001/2002	0,20	-0,60	-0,13	-1,31	0,32	-2,25	0,01	-1,54	-0,28	-3,31	0,30	-0,27	-0,16	-0,04	
2002/2003	0,13	-0,47	-0,34	-0,77	0,58	-2,04	-0,13	-0,64	-0,61	-3,86	0,33	-0,09	-0,31	-0,05	
2003/2004	0,27	-0,14	-0,17	-1,11	0,47	-2,98	0,16	-0,75	-0,67	-3,83	0,47	0,14	-0,14	-0,07	
2004/2005	0,19	-0,16	-0,11	-1,35	0,47	-2,56	0,12	-1,12	-1,09	-5,46	0,37	0,13	-0,10	-0,05	
2005/2006	0,38	0,27	-0,28	-1,30	0,51	-3,00	0,19	-0,62	-1,09	-5,98	0,67	0,66	-0,25	-0,11	
2006/2007	0,33	0,41	-0,21	-1,53	0,51	-2,90	0,20	-1,33	-0,75	-5,28	0,57	0,58	-0,18	-0,07	
Média	0,25	-0,15	-0,19	-1,23	0,47	-2,57	0,09	-1,04	-0,69	-4,45	0,44	0,17	-0,17	-0,06	

UUS- Unidades de Uso Sustentável; UPI- Unidades de Proteção Integral; TI- Terras Indígenas; Est- Estadual; Fed- Federal.

Os valores positivos de pesos de evidência indicam uma atração das áreas consideradas ao desmatamento, valores negativos ao contrario, indicam uma repulsão das áreas consideradas ao desmatamento.

No entanto, as áreas “livres”, fora das áreas protegidas e áreas de entorno apresentam menos chances de serem desmatadas do que as áreas de entorno, sendo que apresentaram um peso de evidência médio de 0,046, menor do que o peso de evidência médio obtido para as áreas de entorno que apresentou um peso de evidência médio de 0,174.

Primeiramente, foram analisados os resultados obtidos para as áreas protegidas consideradas como classes binárias (pesos homogêneos). As áreas de vizinhança apresentaram níveis diferentes de ameaça, ou seja, o peso de evidência difere em relação ao tipo de uso (Kruskal-Wallis, $p = 0,000$). As áreas de entorno das terras indígenas têm mais chances de ser desmatadas do que as de unidades de uso sustentável e unidades de proteção integral. Entretanto, unicamente as áreas de entorno das unidades de proteção integral apresentam pesos negativos, o que significa que elas exercem maior grau de repulsão ao desmatamento (Figura 9A).

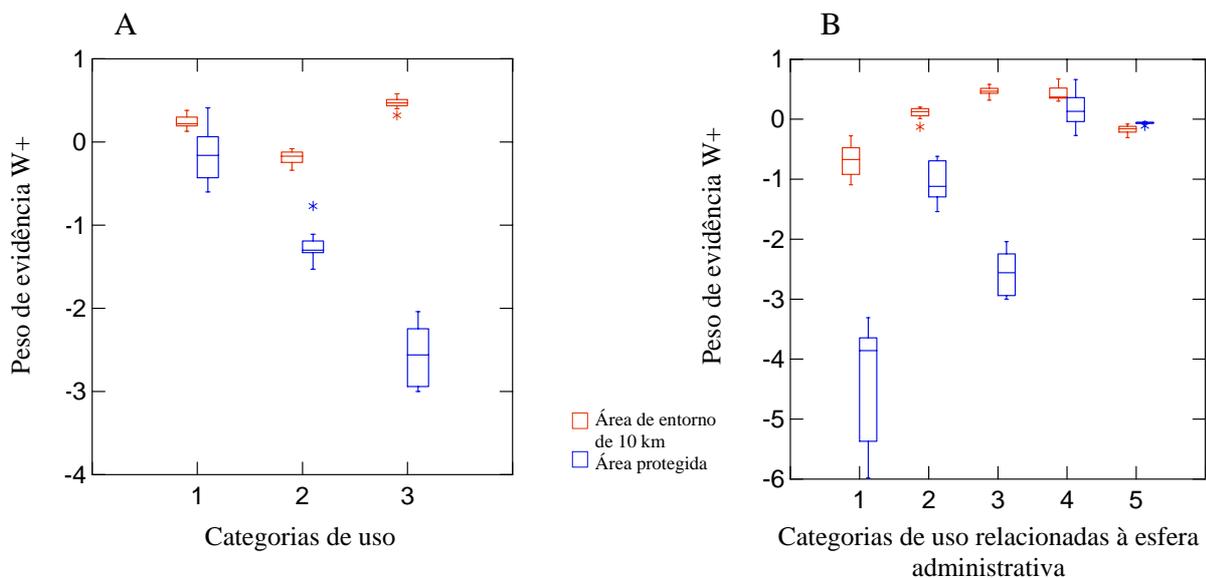
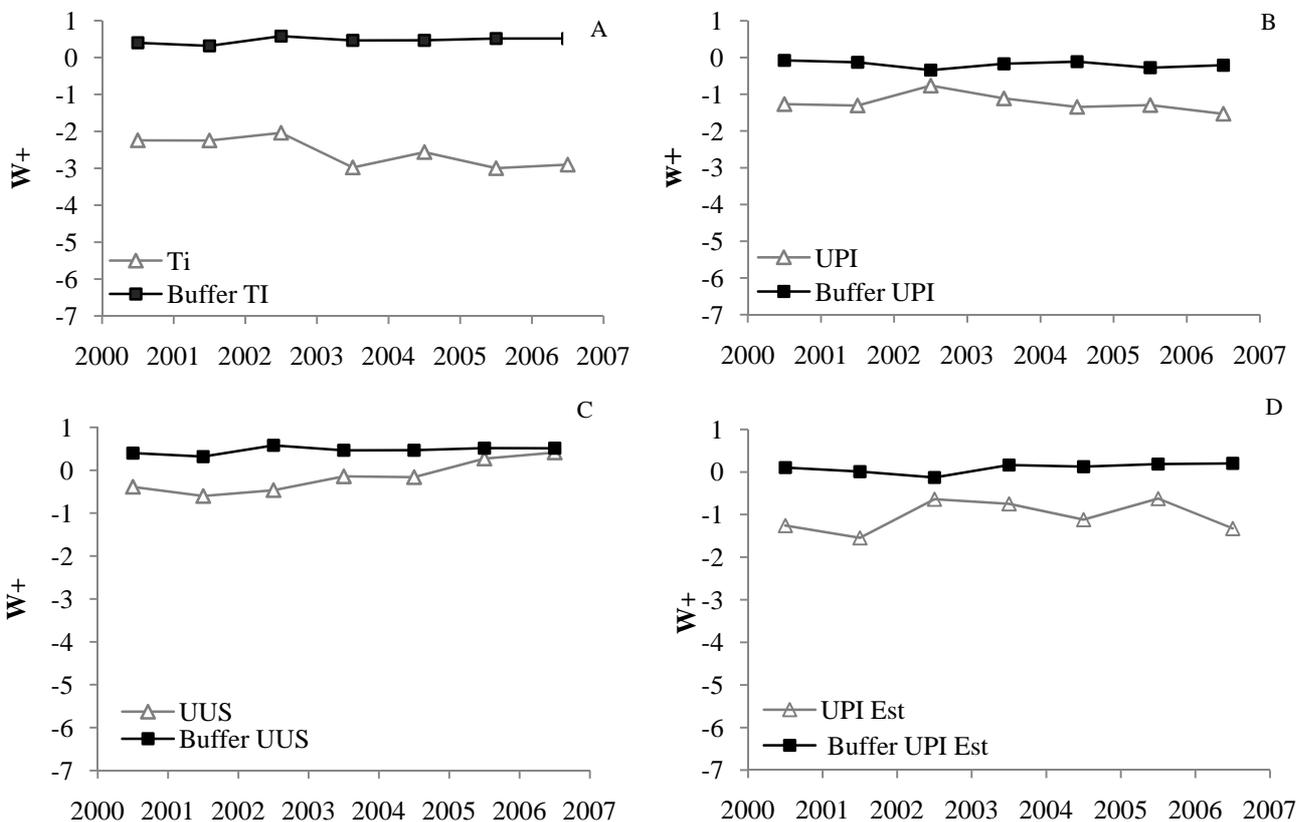


Figura 10. Pesos de evidência (homogêneos) das áreas protegidas e das suas áreas de entorno segundo as categorias de uso. A categoria 1 representa as UUS, a categoria 2 representa as UPI e a categoria 3 representa as TI (A). Pesos de evidência (homogêneos) das áreas protegidas e das suas áreas de entorno 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).

Considerando as áreas protegidas, os pesos de evidência apresentaram uma diferença significativa em relação ao tipo de uso ($p = 0,000$). Todas as categorias de uso apresentaram valores negativos, ou seja, têm um efeito de repulsão ao avanço do desmatamento dentro dos

seus limites. São as terras indígenas que apresentam o peso de evidência mais baixo, com um valor médio de $-2,57$. Por sua vez, as unidades de proteção integral e de uso sustentável apresentaram valores médios de $-1,23$ e $-0,15$, respectivamente (Figura 10A). Quando detalhamos a análise relacionando as categorias de uso com as diferentes esferas administrativas, as áreas de entorno apresentaram valores diferentes ($p = 0,000$). As áreas de entorno das unidades de uso sustentável e de proteção integral, ambos federais, apresentam valores de pesos de evidência médios negativos, ao contrário das unidades estaduais que apresentaram valores de pesos de evidência médios positivos, o que indica que as áreas de amortecimento de unidades federais são mais efetivas do que as estaduais em conter o desmatamento (Figura 10B). Os pesos de evidência das áreas protegidas para categorias de uso associada à esfera administrativa apresentaram diferenças significantes ($p = 0,000$). As unidades de proteção integral federais são as mais efetivas e apresentaram pesos de evidência médios de $-4,45$, seguidas pelas terras indígenas com $-2,57$. As unidades de uso sustentável estaduais apresentaram um peso de evidência positivo com um valor médio de $0,17$, o que indica que essas áreas protegidas são menos efetivas para frear o desmatamento. A Figura 10E indica que esse valor chegou a ser positivo recentemente, entre 2005 e 2007.



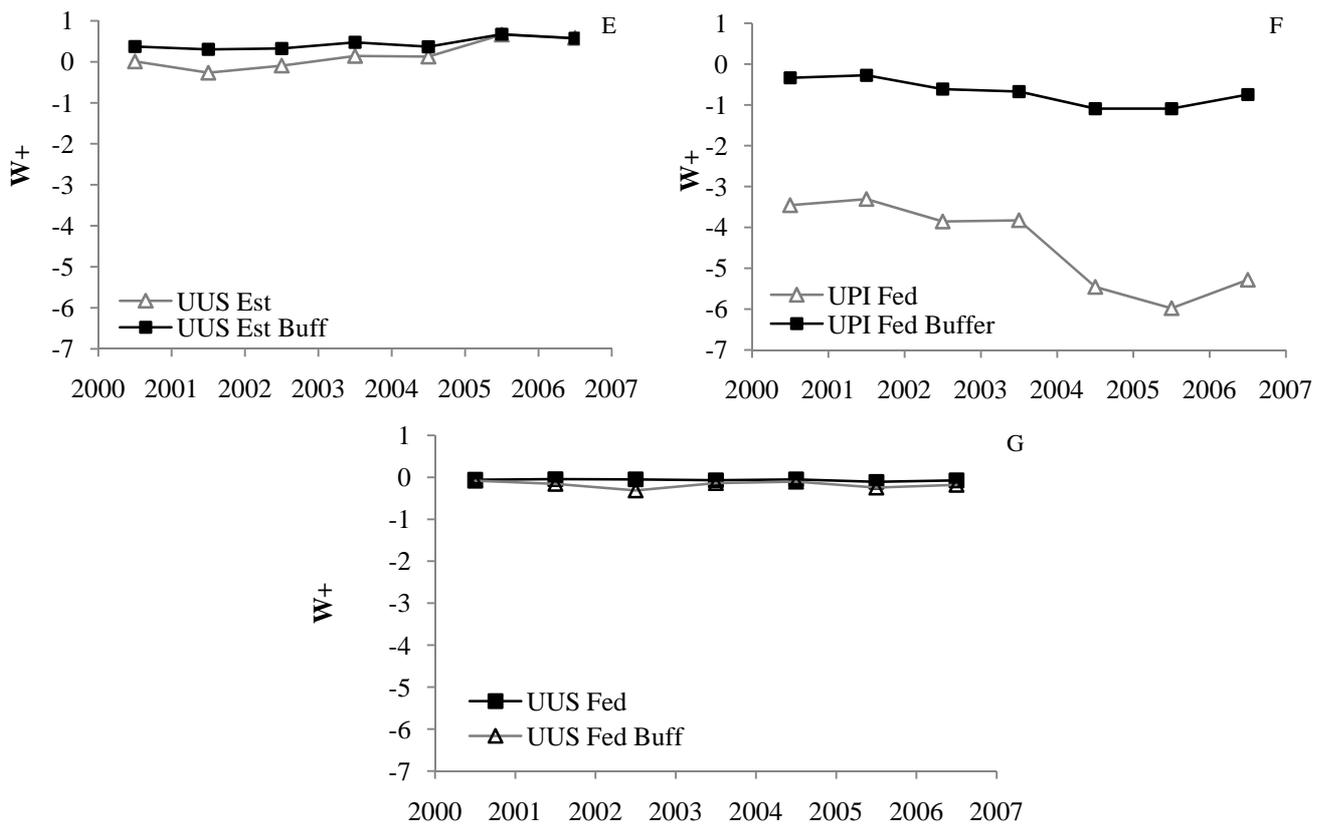


Figura 11. Pesos de evidência W_+ das áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento (80 áreas protegidas analisadas) e nas suas áreas de entorno de 10 km entre 2000 e 2007. Os pesos de evidência das terras indígenas são apresentados no gráfico (A). Os pesos de evidência das unidades de proteção 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).

Posteriormente, foram analisados os pesos de evidência da variável “distância euclidiana interna às áreas protegidas”. Da mesma forma que no caso anterior, foram primeiramente calculados os pesos de evidência para as categorias de uso e, em seguida, os cálculos foram aplicados para as categorias de uso associadas à esfera administrativa. Os pesos de evidência foram calculados anualmente entre 2000 e 2007. Gráficos foram criados com os pesos de evidência de todas as transições temporais para cada uma das categorias de uso, bem como, as

categorias de uso relacionadas à esfera administrativa, de maneira a determinar uma curva de tendência do peso de evidência como função da distância interna da área protegida.

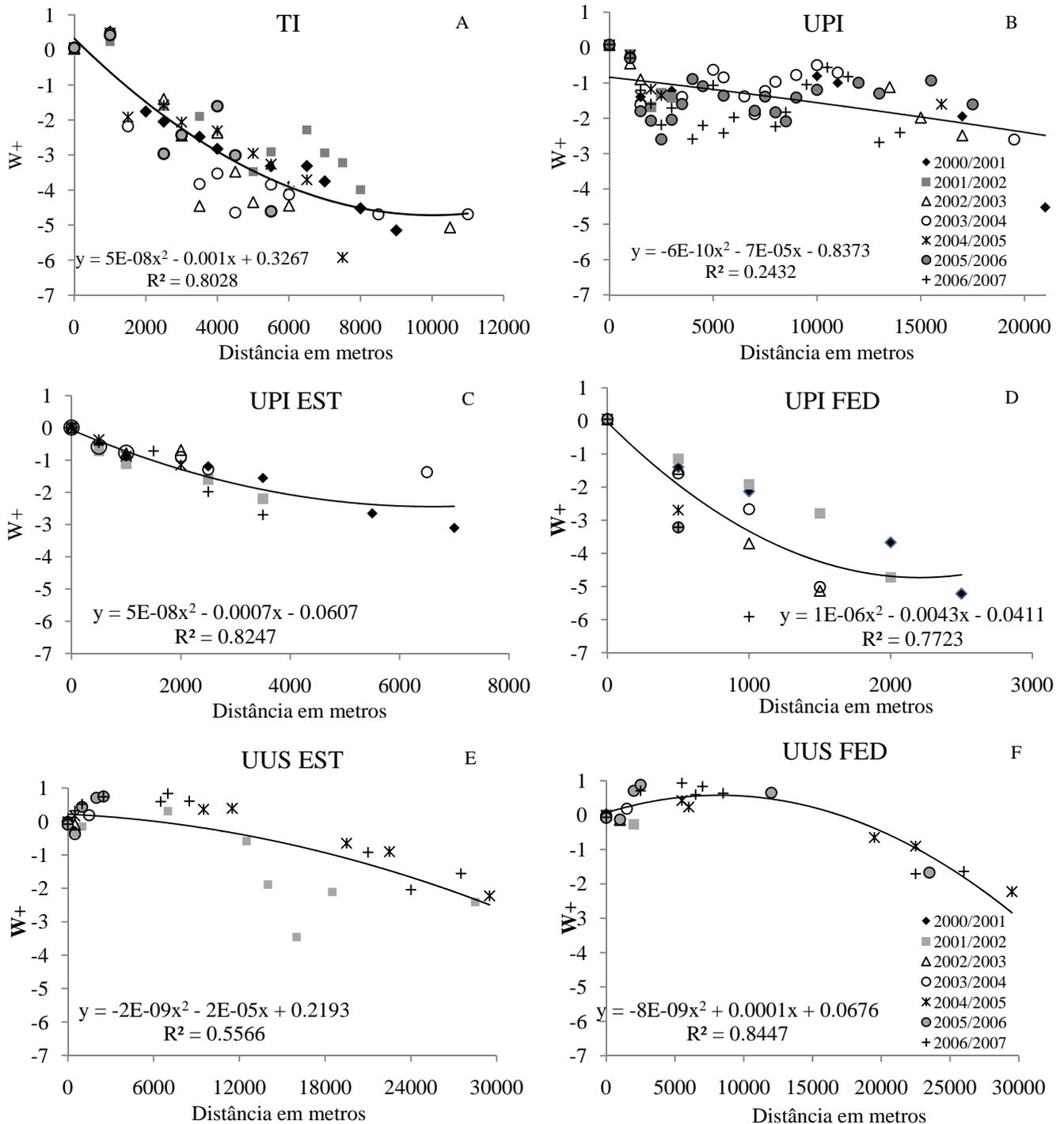


Figura 12. Pesos de evidência W_+ das áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento (80 áreas protegidas analisadas) em relação à distância euclidiana interna da área protegida. (A) Terras Indígenas, (B) Unidades de Proteção Integral, (C) Unidades de Proteção Integral Estaduais, (D) Unidades de Proteção Integral Federais, (E) Unidades de Uso Sustentável Estaduais, (F) Unidades de Uso Sustentável Federais.

As terras indígenas apresentaram um peso de evidência que decresce assintoticamente em relação a sua distância interna para todas as transições temporais. A melhor tendência encontrada é uma tendência polinomial de segundo grau, como pode ser observado no gráfico da Figura 12. As curvas de tendência encontradas foram utilizadas para simular o desmatamento dentro das áreas protegidas no município de Lábrea (Capítulo II). Com as unidades de proteção integral não houve uma tendência distinta, impossibilitando aplicar uma equação de tendência para simular o desmatamento. Entretanto, quando a análise foi detalhada ao nível administrativo (estadual e federal), verificou-se um padrão mais claro dos pesos de evidência obtidos para as unidades de proteção integral. Nos dois casos, como para as terras indígenas, o peso de evidência decresce assintoticamente em relação à distância euclidiana interna da área protegida. As unidades de proteção integral federais apresentaram valores mais negativos do que as estaduais, confirmando nossa análise anterior que avaliou os pesos evidência de maneira homogênea, onde o peso de evidência foi mais negativo para as UPI federais do que aqueles obtidos para as UPI estaduais. As curvas de tendência obtidas para as UPI estaduais e federais apresentaram um índice ajuste ao modelo proposto aceitável (estaduais $R^2= 0,83$ (Figura 12 C); federais $R^2= 0,77$ (Figura 12 D)). As unidades de uso sustentável apresentaram também curvas decrescentes, o peso de evidência diminuindo com a distância interna. No entanto, a queda foi menos acentuada do que para as unidades de proteção integral. A curva de tendência apresentou uma forma logarítmica inversa. A queda menos acentuada da curva de tendência pode estar ligada à presença de populações que moram dentro da reserva e que desmatam ou pode estar ligada à presença de invasores que desmatam bem mais longe dos limites do que nas áreas de proteção integral ou terras indígenas. A curva de tendência não teve um bom ajuste para as unidades de uso sustentável estaduais, porém, as federais apresentaram um melhor ajuste (estaduais $R^2=0,56$ (Figura 12 E); federais $R^2= 0,84$ (Figura 12 F)). Assim, as terras indígenas e as unidades de proteção integral tendem a ser menos vulneráveis frente ao avanço do desmatamento dentro dos seus limites. A chance de desmatar é bem menor e diminui fortemente a pequenas distâncias dos limites da área protegida.

Discussão

O tamanho e a conectividade, fatores importantes para a efetividade das áreas protegidas em conter o avanço do desmatamento

O tamanho das áreas protegidas pode influenciar a sua efetividade em conter o desmatamento. As áreas protegidas que possuem um tamanho menor apresentam frações de desmatamento maiores àquelas que contêm grandes blocos de floresta, ultrapassando os 10.000 km², como pode ser observado na Figura 13.

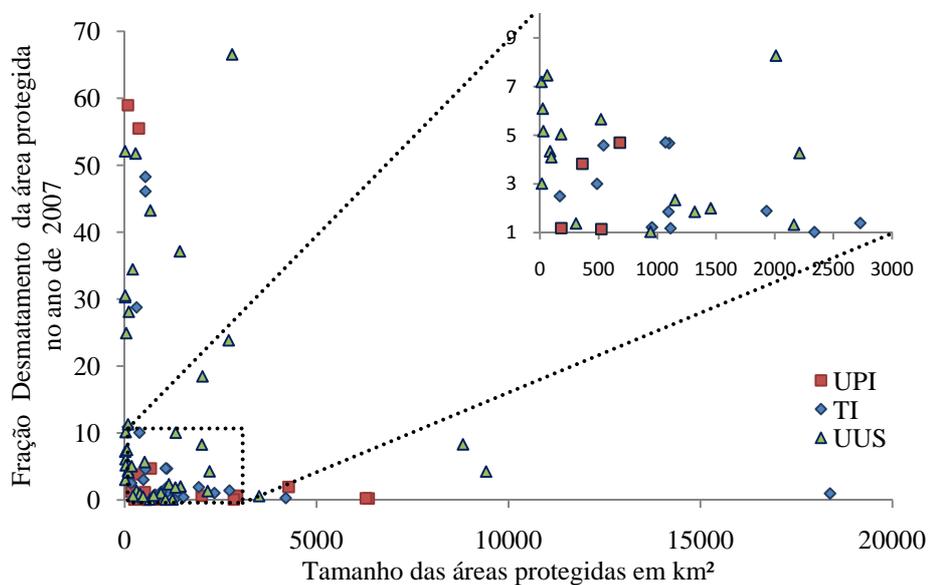


Figura 13. Relação entre a fração de desmatamento dentro da área protegida (calculadas em 2007) e seu tamanho em km².

Mesmo assim, as áreas menores, mais expostas à pressão antrópica, conseguem conter o desmatamento, apresentando um percentual interno de desmatamento menor do que na parte externa da área protegida (área de entorno de 10 km). Portanto, as unidades com tamanho inferior a 500 km² apresentaram uma fração média de desmatamento de 15,4% contra 41% na sua área de entorno. Desta maneira, em áreas já pressionadas pelo avanço da fronteira agrícola, aonde ocorrem conflitos entre populações locais e populações migrantes, as pequenas áreas protegidas exercem um papel importante, tanto para proteger esses povos e as suas atividades tradicionais bem como para preservar as florestas remanescentes. No entanto, para prevenir o avanço da fronteira agrícola, áreas de proteção com grande extensão de florestas são necessárias para limitar os danos futuros que podem ser ocasionados nestas

áreas. É o caso do recente bloco de áreas protegidas sendo criado pelo governo federal e estadual do Amazonas na área de influência da reconstrução da BR-319 (ALAP), que terá como papel limitar a ocupação espontânea futura prevista ao redor da estrada. Além do tamanho, a conectividade entre as áreas protegidas é um fator muito importante a considerar na efetividade das áreas protegidas em conter o desmatamento e na manutenção das funções ambientais fornecidas pelas florestas (Ferreira, 2007). Ferreira (2007) destaca, entre outros fatores, a importância do *continuum* ecológico exercido pelas áreas protegidas. Segundo o autor, as unidades de conservação e as terras indígenas podem ser consideradas como ilhas de biodiversidade, onde se pode ainda conseguir informações biológicas necessárias para restaurar a paisagem fragmentada e a conservação do ecossistema amazônico ameaçado. Porém, muitas vezes, estas áreas apresentam um alto grau de isolamento, o que pode impedir a manutenção de populações mínimas viáveis de muitas espécies animais e vegetais, como é o caso de espécies arbóreas raras que ocorrem em baixas densidades naturais. Aumentar a conectividade da rede atual de áreas protegidas pode ser uma função básica de corredores ecológicos ou de biodiversidade, aumentando a viabilidade das populações biológicas. Em Rondônia, pode se observar um grupo de áreas protegidas na fronteira boliviana que apresenta uma conectividade forte e frações de desmatamento bem menores àquelas obtidas para unidades de conservação ou terras indígenas isoladas. Ferreira e colaboradores (2005) analisaram a conectividade das áreas protegidas em 2005, e mostraram que entre os Estados da Amazônia Legal, os Estados de Rondônia e do Acre apresentam uma conectividade significativamente maior que em outros estados.

Política de gerenciamento das áreas protegidas

Mesmo se os fatores grande tamanho e alta conectividade podem ser considerados ideais para a criação de áreas protegidas, outro fator a ser considerado é a necessidade de investimento financeiro considerável, principalmente para sua implementação, monitoramento e controle. Esse ponto é muito crítico para os órgãos públicos federais e estaduais responsáveis pelo gerenciamento do meio ambiente (secretarias estaduais de meio ambiente e o IBAMA), que apresentam dificuldade em monitorar e fiscalizar grandes áreas protegidas.

Porém, na área em que este estudo foi realizado, quando comparada a superfície das áreas protegidas, o tamanho médio das unidades de conservação federais foi de 2.751 km², quase quatro vezes maior àquela encontrado para as unidades de conservação estaduais (717 km²). Apesar de seu maior tamanho, as unidades de conservação federais foram mais eficazes em conter o desmatamento do que as unidades estaduais. Portanto, as unidades de proteção

integral federais apresentaram um percentual de desmatamento de 0,5% dentro da área protegida em vez de 12,7% para as unidades de proteção integral estaduais. Da mesma maneira, as unidades de uso sustentável federais apresentaram um percentual de 4,6% da sua área desmatada contra 16,3% para as estaduais. Uma pequena área pode ser facilmente desmatada, entretanto, o controle e a fiscalização são também facilitados em áreas de menor tamanho. Além do fator “tamanho”, a esfera administrativa, cuja política influencia o gerenciamento das áreas protegidas é outro fator importante que explica a efetividade da área protegida em conter o desmatamento. As mudanças de governanças estaduais tendem a gerar descontinuidade entre os programas promovidos pelas secretarias do meio ambiente. Também, a importância atribuída à questão ambiental e às áreas protegidas difere segundo os interesses políticos no poder. Essas variações podem levar a uma descontinuidade no monitoramento e fiscalização do desmatamento dentro das áreas protegidas (Fearnside, 2003). Em 2005, Ribeiro e colaboradores do Imazon (Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia) pesquisaram e analisaram as contradições encontradas nas políticas estaduais ambientais do Estado de Rondônia relativas à gerência das áreas protegidas. Uma dessas contradições foi que o governo estadual não considerava algumas áreas protegidas (onze) que já haviam sido demarcadas anteriormente (como o caso da FLORSU do Rio São Domingos). Portanto, nenhuma lei especificou a mudança fundiária dessas áreas protegidas. Também, das 52 unidades de conservação estaduais rondonienses, apenas sete possuíam planos de manejo em 2005, ao contrário das 12 áreas protegidas sustentáveis federais que possuíam sete planos de manejo nessa data. O baixo grau de manejo indica que as áreas protegidas estaduais estão quase abandonadas pelo Estado e que existe pouca governança para reduzir a vulnerabilidade das áreas protegidas frente ao avanço do desmatamento.

O histórico do avanço humano e seus impactos nas áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento

A maioria das áreas protegidas estudadas encontra-se em Rondônia (88%) foram criadas na década de noventa. Para entender o histórico de criação da maioria dessas áreas protegidas, é útil voltar ao contexto geopolítico passado dessa região para ressaltar o que influenciou a criação de áreas protegidas nos anos noventa e o que explicaria a forte pressão antrópica presente nos seus limites. Nessa época, o Estado de Rondônia já apresentava altas taxas de desmatamento. As migrações de pequenos agricultores nos anos sessenta, atraídos pelos assentamentos de colonização agrária e a construção de estradas, tendo como principal eixo rodoviário a estrada BR-364 que liga Rondônia a Cuiabá, foram umas das principais causas

das mudanças da paisagem rondoniense observadas (Pedlowski et al., 1997). A população de Rondônia aumentou consideravelmente chegando a mais de um milhão de habitantes nos anos noventa contra setenta mil nos anos setenta. A falta de uma política planejada levou a rápidas mudanças de uso da terra. As atividades principais ligadas ao desmatamento dessa região foram promovidas por pequenos agricultores, pequenos e grandes pecuaristas, madeireiros e mineradoras. Com o tempo, uma grande parte das terras que pertenciam aos pequenos agricultores foi vendida e aglomerada por grandes fazendeiros, que controlam hoje grandes áreas de terra. A atividade da pecuária é muito impactante ao meio ambiente, portanto, a manutenção do rebanho de gado necessita de novas áreas de florestas derrubadas para serem convertidas em pastos. Para a maioria dos pecuaristas dessa região, a floresta era considerada como uma barreira à viabilidade econômica (Pedlowski et al., 1997). A exploração madeireira também teve grandes impactos em Rondônia. Além de seus impactos nos ecossistemas, essa atividade teve efeitos perversos em comunidades indígenas, aumentando o nível de doenças e de corrupção da liderança, promovendo desintegração social e física de vários grupos de Rondônia (Greenbaum, 1989).

Com o objetivo de diminuir os altos níveis de degradação nessa região e desenvolver sistemas sustentáveis de utilização dos recursos naturais, um programa chamado “PLANAFLORO” foi financiado pelo Banco Mundial nos anos noventa, com um empréstimo de 167 milhões de dólares. Algumas das metas desse programa foram: modificar as políticas estaduais, conservar a biodiversidade de Rondônia e proteger os limites das áreas protegidas e terras indígenas. Assim, nessa época, foram criadas várias unidades de uso sustentável estaduais. Um dos objetivos de criar uma série de áreas protegidas foi preservar espécies madeireiras de alto valor comercial que já tinham sido muito exploradas dentro de reservas extrativistas, parques nacionais e estaduais, assim como reservas biológicas. Entretanto, mesmo assim, uma grande parte da exploração continuou sendo ilegal. O Banco Mundial apontou em 1995 que o desmatamento da terra indígena Uru Eu Wau Wau que ocorreu entre 1992 e 1995, devido à atividade madeireira ilegal (126,71 km²) representou uma perda econômica de dois milhões de reais, além de prejudicar populações indígenas, incentivar atividades de caça e pesca, bem como estimular o aumento de malária e tuberculose.

Nessa época, Pedlowski e colaboradores (1997) acusam diretamente a incompetência das agências estaduais para cumprir as políticas ambientais, exacerbadas pela influência da política exercida pelos fazendeiros e madeireiros nos administradores, tornando a repressão das atividades ilegais muito difícil. Segundo o autor, a falta de esforço do governo estadual

para proteger os limites de terras indígenas, reservas extrativistas e outras unidades de conservação, estimulou a invasão dessas áreas por madeireiros e pecuaristas.

Hoje, o GTA (Grupo de Trabalho da Amazônia) confirma esse quadro dentro de um relatório recente publicado com o nome “Dossiê Rondônia” (2008), denunciando e apontando os políticos locais como corruptos e favorecendo a exploração de recursos dentro das próprias áreas protegidas. Assim, a política estadual de Rondônia não priorizou a conservação de suas florestas tropicais. Os interesses econômicos favoreceram o desenvolvimento de atividades ilegais conduzindo fluxos de desmatamento dentro das próprias reservas, o que explica as altas frações de desmatamento encontradas dentro das unidades de uso sustentáveis estaduais dessa região. O governo federal manteve mais controle nas suas áreas protegidas nacionais, o que permitiu aumentar a efetividade das áreas protegidas em conter o desmatamento em outros locais de Rondônia, contrabalançando as devastações das áreas protegidas estaduais.

Modelagem e a importância de prever o avanço do desmatamento dentro das áreas protegidas

Para prever os impactos futuros do desmatamento na Amazônia, foram recentemente desenvolvidos vários modelos espaciais (Aguilar, 2006; Soares-Filho et al., 2006; Fearnside et al., 2007). Cenários foram elaborados para demonstrar a futura eficiência da criação de áreas protegidas em conter o desmatamento previsto, em decorrência de projetos governamentais, envolvendo construção de infra-estruturas (barragem ou estrada), ou políticas ambientais virtuais que poderiam ser aplicadas. Para cada cenário, é possível calcular a partir de dados de biomassa da floresta, as possíveis emissões de carbono da floresta, conseqüentes do desmatamento futuro. As simulações resultantes desses modelos têm um peso considerável para tomadas de decisões políticas. Recentemente, resultados de modelos foram utilizados para o cálculo de desmatamento evitado em projetos de Mecanismos de Redução de Emissão do Desmatamento e Degradação (REDD). Atualmente, o primeiro projeto REDD do Brasil foi criado pelo governo do Estado do Amazonas, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma situada no Sul do Estado do Amazonas. Os cálculos de desmatamento evitado foram realizados a partir do modelo de Soares-Filho et al. (2006), prevendo a reconstrução da BR-319. Os projetos de REDD para Amazônia são extremamente importantes para reduzir as emissões de carbono do Brasil, sendo que o desmatamento é a primeira fonte de emissões de carbono do país.

Nesse estudo, os cálculos dos pesos de evidência foram aplicados a uma área de alta pressão antrópica, na qual, foram consideradas categorias específicas, tais como categorias de

uso relacionadas à esfera administrativa. A esfera administrativa além das classes de uso, quando considerada, permite ajustar os cálculos de desmatamento dentro das reservas, sendo que as reservas não apresentam as mesmas chances de ser desmatadas se forem estaduais ou federais. Portanto, neste trabalho, por exemplo, os pesos de evidência calculados indicaram que as unidades de proteção integral federais foram mais efetivas e apresentam um valor de peso de evidência médio de -4,45, menor do que os das unidades de proteção integral estaduais que apresentam um peso de -1,04.

Soares-Filho e Dietzsch (2008) calcularam pesos de evidência das áreas protegidas para Amazônia Legal e diferenciaram em sua análise as áreas protegidas suportadas pelo programa ARPA daquelas sem esse suporte entre os anos 2002 e 2007. Os resultados obtidos por esses autores permitiram evidenciar o comportamento de áreas protegidas em área de alta pressão antrópica (somente para a categoria de uso) e compará-los com os obtidos para a Amazônia Legal. Como resultado, as unidades de uso sustentável e as unidades de proteção integral foram menos efetivas em região de alta pressão do que aquelas consideradas para a Amazônia como um todo. No presente estudo, foi encontrado um peso de evidência de -1,23 para as unidades de proteção integral, enquanto que Soares-Filho e Dietzsch (2008) calcularam um valor de -1,56 considerando toda a Amazônia. No caso das terras indígenas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento, as mesmas foram muito eficientes em conter o desmatamento e apresentaram um peso de evidência de -2,57, próximo daquele calculado por Soares-Filho e Dietzsch (2008) que foi de -2,33. Para unidades de uso sustentável, obteve-se um peso de evidência de -0,15, maior do que aquele encontrado por Soares-Filho e Dietzsch (2008) que foi de -1,21. No contexto em que o desmatamento tem atingido altas taxas acumuladas, as áreas protegidas não apresentaram os mesmos pesos de evidência daqueles calculados para toda a região da Amazônia. Também, os pesos de evidência utilizados por vários autores nos modelos que utilizam a plataforma DINAMICA-EGO (Soares-Filho et al. 2006; Fearnside et al., 2007), foram pesos homogêneos. O cálculo das chances de desmatamento dentro das áreas protegidas como função da distância euclidiana interna, como realizado nesse trabalho traz avanços para modelagem do desmatamento dentro das áreas protegidas. As curvas obtidas (Figura 11) mostram que a proteção ao desmatamento exercida pelas áreas protegidas não é homogênea para a área toda. Essa proteção varia desde o limite da área protegida até o centróide desta. Os cálculos dos pesos de evidência realizados nesse trabalho para a parte Sudoeste do Arco do Desmatamento poderiam ser aplicados para diferentes contextos de pressão antrópica. As aproximações do desmatamento nas áreas protegidas da Amazônia poderiam ser aperfeiçoadas se forem considerados cálculos regionais dos pesos de evidência.

Assim, as emissões de carbono seriam calculadas de maneira mais adequada o que poderá ter uma aproximação mais justa do valor econômico do desmatamento evitado, baseando-se no valor econômico do carbono. Também, modelagens futuras poderiam ajudar as autoridades políticas estaduais ou federais no controle de unidades de conservação e determinar zonas de risco aonde mudanças de uso da terra poderiam ocorrer rapidamente.

Conclusão

Este estudo sugere que as unidades de conservação são eficientes em reter o desmatamento dentro dos seus limites na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento, de maneira que as frações de desmatamento são mais elevadas na área de entorno do que dentro destas. As unidades de proteção integral federais e as terras indígenas são as mais eficientes em conter o desmatamento sendo que as unidades mais desmatadas são as unidades de uso sustentável estaduais. Entretanto, até quando as áreas protegidas vão poder resistir a uma pressão sempre crescente? Com os resultados obtidos, constatou-se que em áreas consolidadas do Arco do Desmatamento, as áreas protegidas resistem menos do que em regiões pouco pressionadas. As unidades de uso sustentável estaduais são as mais sujeitas à pressão no Estado de Rondônia, atingindo uma proporção de desmatamento média de 16% em 2007.

A consolidação de uma rede extensa de áreas protegidas representa um grande desafio para o Brasil, especialmente nas áreas de frentes ativas de desmatamento como o Estado de Rondônia, do Acre e o Sul do Amazonas, onde conflitos e atividades ilegais ameaçam o ambiente social e natural. Devido às demandas crescentes para agricultura e madeiras tropicais, esse desafio será, ao longo do tempo, mais difícil de enfrentar. Também, essas áreas representam um forte potencial de redução de emissões de carbono. O desafio, então, será de multiplicar projetos de redução de emissão do desmatamento e degradação (REDD), os quais permitem preservar as funções ecológicas da floresta e evitar que seu estoque de carbono se transforme em fumaça e cinzas.

Capítulo II – Elaboração de cenários futuros do desmatamento no município de Lábrea, Sul do Estado do Amazonas²

Resumo

O “Arco do Desmatamento” da Amazônia Brasileira, em seu avanço contínuo, já alcançou a parte Sul do Amazonas. Nesta região, a pressão que estimula seu crescimento se origina nos estados vizinhos, Acre e Rondônia. Estes estados já conheceram processos de desmatamento intensos relacionados pela expansão da fronteira agropecuária e sua consolidação. Os novos focos de desmatamento já afetaram uma parte das florestas nativas do município de Lábrea, situado próximo às fronteiras dos Estados do Acre e Rondônia. 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. Recentemente, o Ministério dos Transportes prevê a reconstrução da BR-319 (rodovia Manaus-Porto Velho) no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o asfaltamento do trecho Humaitá/Lábrea da BR-230 (rodovia Transamazônica). Esta reconstrução reativará o eixo Porto-Velho/Manaus, o que poderia direcionar a pressão observada no Sul do Amazonas aos municípios situados na área sob influência da BR-319. Assim, foram propostas também pelo governo várias áreas protegidas na Área sob Limitação Administrativa Provisória (ALAP) da BR-319, cujas quatro foram recentemente criadas em Lábrea. O objetivo deste estudo foi de simular com o modelo *AGROECO* a dinâmica futura do desmatamento do município de Lábrea até 2040 e, conseqüentemente, avaliar a efetividade das áreas protegidas recém criadas em conter o desmatamento da região. Para modelar o desmatamento dentro das áreas protegidas e nas áreas de entorno delas, foram utilizados pesos de evidência calculados na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento (Estado de Rondônia, partes dos Estados do Acre e Sul do Amazonas). Esses pesos são específicos às categorias de uso associadas à esfera administrativa. Dois grupos de cenários foram simulados. Um grupo não considera a criação das áreas protegidas da ALAP (I) *Business As Usual*; e outro a considera (II) *Governança*. Dentro desses dois grupos de cenários, foram considerados quatro casos de simulação, incluindo: 1- pesos de evidência das áreas protegidas homoganeamente distribuídos, 2- pesos de evidência das áreas protegidas gradualmente distribuídos em relação à distância euclidiana interna das áreas protegidas, 3- pesos de evidência das áreas protegidas homoganeamente distribuídos e pesos específicos em relação às áreas de amortecimento, 4- pesos de evidência das áreas protegidas gradualmente distribuídos e pesos específicos em relação às áreas de amortecimento. A criação de áreas protegidas foi eficiente sendo que a maioria dos cenários do grupo II apresentou em 2040, áreas de desmatamento acumulado inferiores àquelas obtidas para os cenários II. A utilização de pesos de evidência evoluindo com a distância euclidiana interna da área protegida parece ser mais realista, de tal modo que reduz 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 em relação às áreas protegidas, foi constatado que as áreas de entorno possuem uma quantidade maior de desmatamento dentro dos seus limites por serem mais atrativas em termos de peso de evidência. No entanto, acredita-se que esteja uma conseqüência 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, deixando pouco para desmatar. O cenário mais realista para nosso conjunto de dados, portanto, é considerado ser o

² Esse capítulo está escrito sob as normas da revista *Forest Ecology and Management*.

que usa pesos de evidência gradativamente distribuídos, mas que não usa pesos de evidência para as áreas de *buffer*. Neste cenário (GOV-2), o desmatamento foi reduzido na área de estudo em 5,1 % (2.596 km²) como resultado das recém-criadas reservas, comparado com o cenário correspondente de linha de base (BAU-2).

Palavras-chave: Desmatamento, Modelagem ambiental, Cenários, Conservação, Lábrea, Amazônia.

Introdução

A Amazônia Legal vem sendo desmatada desde os anos setenta, quando políticas de colonização e desenvolvimento de grande escala da Amazônia favoreceram a ocupação sempre crescente de migrantes e os impactos ambientais colaterais decorrentes. As estratégias de desenvolvimento para a Amazônia basearam-se no investimento em infra-estruturas tais como 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). 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 (Skole et al., 2004).

Até 2007, quase 700.000 km² da cobertura florestal amazônica tinham sido desmatados (INPE, 2009), o que representa quase 17 % da cobertura florestal original. As atividades ligadas ao avanço do desmatamento são bem conhecidas hoje, entre elas se destacam: a pecuária (Kaimowitz et al., 2004; Barreto et al., 2005; Fearnside, 2005), a agricultura extensiva de soja ou de cana de açúcar (Fearnside, 2000; Alencar et al., 2004), a exploração predatória da madeira, (Nepstad et al., 2001) e a agricultura de pequena escala (Fearnside, 1989; Walker et al., 2000; Brondizio et al., 2002). 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). Recentemente, o Arco do Desmatamento está avançando na parte sul do Estado do Amazonas. Dentre 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 principal atividade que tem levado a perda de cobertura florestal é a atividade agropecuária. Também, processos de grilagem de terras públicas e atividade de pecuária têm provocado conflitos sociais, contribuindo para a expulsão de trabalhadores na atividade extrativista da região. 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, e isto, juntamente com a criação da Área sob Limitação Administrativa Provisória (ALAP) da BR-319. Essas quatro áreas protegidas foram decretadas no início de 2008, após dois anos de processo administrativo. Diante deste quadro, este trabalho pretende elaborar cenários futuros do desmatamento da região de Lábrea, relacionados com a criação dessas quatro áreas protegidas. Mas, para isso, é necessário determinar as causas e processos envolvidos no avanço do desmatamento dessa região. De maneira mais geral, entender os processos que dirigem as conversões de uso da terra permite analisar dinâmicas presentes e supor dinâmicas futuras da paisagem. O uso de modelos que incluem uma representação mais próxima possível de padrões reais permite elaborar cenários futuros visando auxiliar a tomada de decisão em relação às possíveis ações do governo relacionadas à infra-estrutura, áreas de proteção ambiental, entre outras. A modelagem da dinâmica do uso da terra permite antecipar a expansão do desmatamento, o que ajuda e apóia a decisão pública. Neste contexto, vários modelos foram desenvolvidos para prever dinâmicas futuras do desmatamento da Amazônia (Andersen et al., 2002; Aguiar, 2006; Soares-Filho et al. 2006; Fearnside et al., 2007). Recentemente, o interflúvio Madeira-Purus foi um dos focos das preocupações ambientais devido aos grandes projetos de infraestrutura previstos nessa região. Um deles é a reconstrução da BR-319 que ligaria a região Sul da Amazônia para a região Norte com o trecho Porto Velho - Manaus, atravessando centenas de igarapés e numerosas bacias hidrográficas. São também previstas as construções do gasoduto Urucu-Porto Velho e duas barragens no Rio Madeira: barragens São Antonio e do Jirau. Assim, o projeto GEOMA (Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia), criado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia- MCT, desenvolveu o projeto Madeira-Purus, orientado para estudos de biodiversidade e simulações de desmatamento relacionadas às propostas de criação das áreas protegidas dessa região. Foram desenvolvidos três modelos de desmatamento, um baseado no programa CLUE- *Conversion of Land-Use and its Effects* (Veldkamp e Fresco, 1996) e dois utilizando o programa DINAMICA-EGO (*Environments for Geoprocessing Objects*) (Rodrigues et al., 2007). Com o modelo SimAmazonia baseado no programa DINAMICA, Soares-Filho e colaboradores (2006) apresentaram os resultados obtidos para o cenário chamado de “*Business As Usual*” (BAU) no qual o governo mantém as mesmas políticas para o desmatamento e outro chamado de *Governança* no qual se procura a implementação de políticas públicas de preservação e de controle do desmatamento (Figura 1).

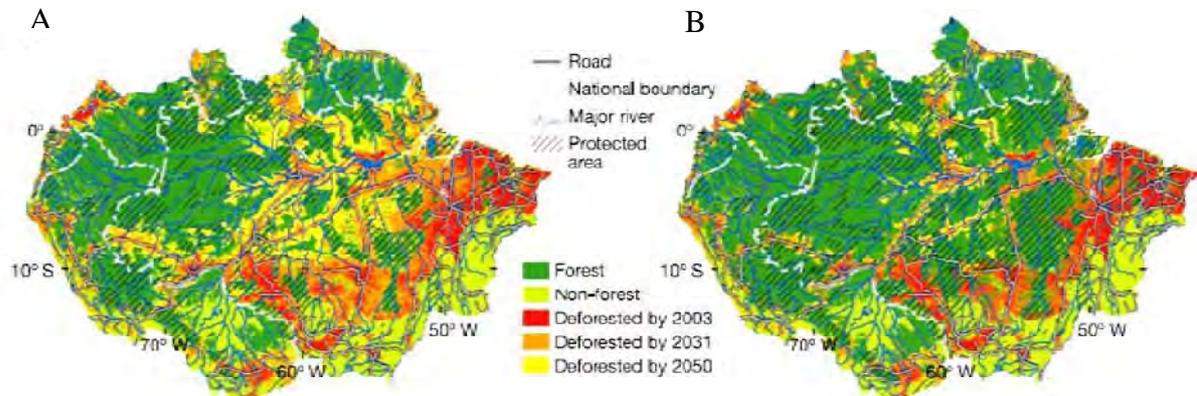


Figura 1. Modelo SimAmazonia para a bacia amazônica desenvolvido por Soares-Filho et al. (2006), Cenário BAU *Business As Usual* desmatamento, simulando o desmatamento até 2050 (A). Modelo SimAmazonia para a bacia amazônica desenvolvido por Soares-Filho et al. (2006), Cenário de *Governança* com criação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

O outro modelo é o AGROECO utilizado neste trabalho, cuja última versão possui ajustes baseados na incorporação cronológica de estradas projetadas por planos governamentais e prevê a atividade de pequenos agricultores. A diferença deste modelo com os outros é que a expansão do desmatamento não está apenas dirigida pela demanda. Neste modelo, o desmatamento é sensível à política de criação de áreas protegidas, ao contrário dos modelos baseados na demanda que perdem os benefícios da criação de áreas protegidas.

Neste trabalho, através do modelo AGROECO (Fearnside et al., 2007), foram feitas projeções espaciais futuras dos remanescentes florestais até 2040 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 são relacionados à criação das unidades de conservação propostas para a ALAP da BR-319, em especial, as duas RESEX, a FLONA e o PARNA supracitados. Assim, o trabalho teve com objetivo simular cenários que demonstrem a efetividade dessas reservas propostas em reduzir o avanço de desmatamento nesta região.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo compreende o município de Lábrea, situado no Sul do Estado do Amazonas e uma zona de influência (*buffer*) de 100 km ao seu redor. Este *buffer* foi escolhido com o objetivo de integrar a influência da dinâmica de desmatamentos e seus agentes em áreas circunvizinhas ao município de Lábrea nos cenários de desmatamento elaborados. Esta zona compreende partes dos municípios de Tapauá (AM), Boca do Acre (AM), Pauini (AM) e Canutama (AM), e partes dos Estados de Rondônia e Acre. A região de estudo é apresentada na Figura 2.

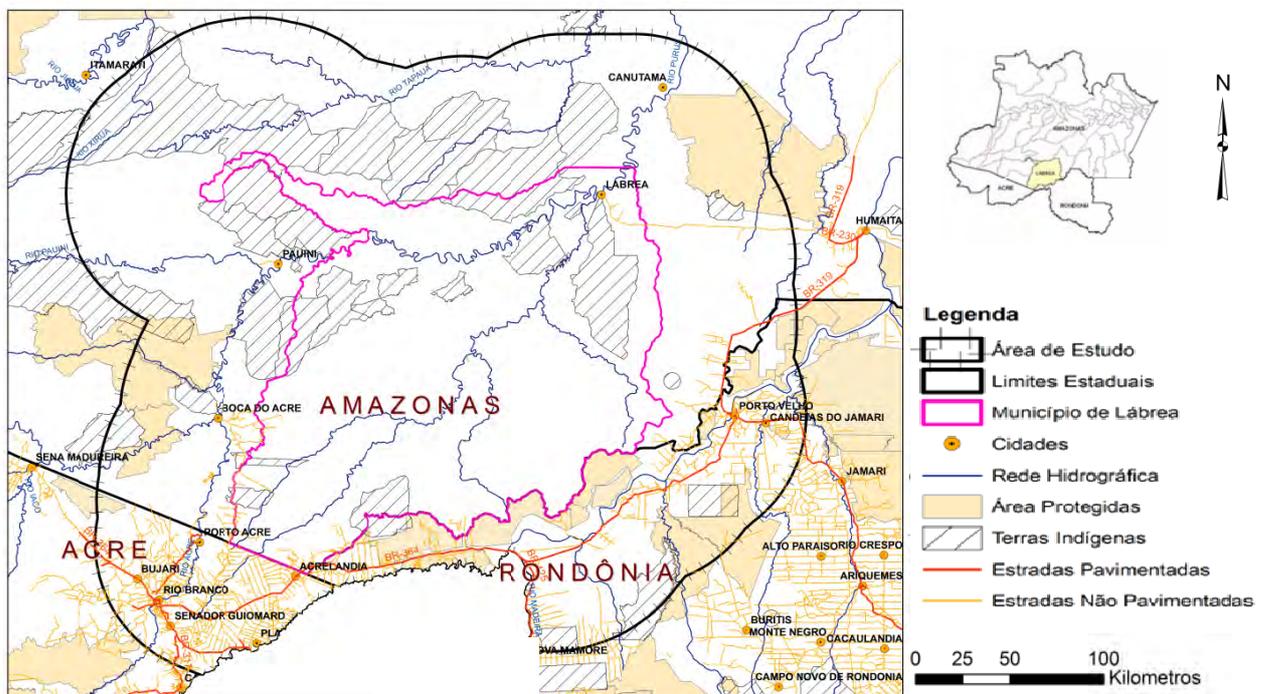


Figura 2. Área de estudo: Município de Lábrea no Estado do Amazonas.

A área de estudo delimita uma superfície de 229.559 km². Ao lado das florestas ombrófilas abertas, que são bastante comuns na região, as florestas ombrófilas densas de terras baixas em associação com outras fitounidades, em menor grau, são as mais representativas no município de Lábrea, com 45,6% da vegetação natural existente (Silva e Pereira, 2005). Encontram-se, também, manchas de campinas amazônicas. Os solos da região predominantes são latossolos e argissolos (RADAMBRASIL, 1978). A área apresenta uma altitude abrangendo uma amplitude de 0 a 220 m. O clima da região é tropical quente úmido. Por não ter dados climatológicos disponibilizados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) do município de Lábrea, usou-se a climatologia de Rio Branco e Porto Velho

para caracterizar o clima de Lábrea. A temperatura média varia entre 23 e 26°C. A taxa de precipitação indica que o período chuvoso ocorre de Dezembro a Fevereiro com taxas de precipitação mensais acima de 300 mm, enquanto o período seco ocorre de Junho a Agosto com taxas de precipitação mensais de chuva da ordem de 50 mm. Dentro do município de Lábrea, se encontra o rio Purus e alguns de seus tributários tais como o Rio Ituxi e os rios Coti e Curequetê.

O desmatamento e os padrões de ocupação de Lábrea

O Sul do Amazonas é uma região que vem sendo alvo de pressões por diversos segmentos, tais como madeireiros, pecuaristas, produtores de soja, dentre outros, que vindos de estados vizinhos estão se apossando de terras ocupadas tradicionalmente por ribeirinhos, devastando áreas de florestas nativas de castanhais, seringueiras, dentre outras, como forma de ocupação das terras (A Crítica, 2004).

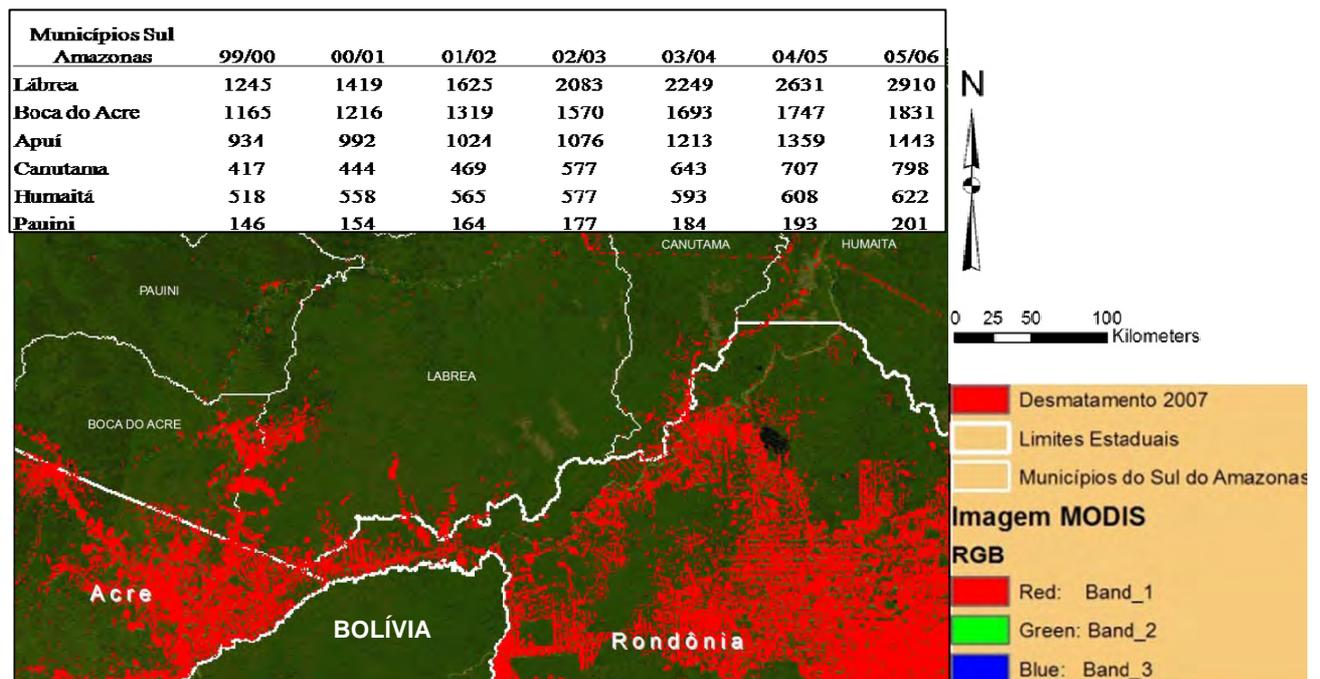


Figura 3. Desmatamento dos municípios do Sul do Estado do Amazonas até 2007. Áreas de desmatamento acumulado para cada ano entre 1999 e 2007 (em km²) apresentadas no quadro.

Para entender melhor os padrões da dinâmica de uso e ocupação da terra em áreas de florestas nativas do município de Lábrea foram feitas duas visitas à área de estudo. A primeira seguiu de Porto Velho até a sede de Lábrea. Foram percorridas as rodovias BR-319 e BR-230 (Transamazônica). Na sede de Lábrea, foram encontradas instituições públicas e associações, como o INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), FUNAI (Fundação

Nacional do Índio) e CNS (Conselho Nacional dos Seringueiros) para entender a visão desses órgãos em relação aos atores envolvidos no desmatamento e suas perspectivas do desmatamento no município de Lábrea. A segunda visita foi também feita via terrestre a partir de Manaus, atravessando a BR-319 até Humaitá e Porto Velho. Foi visitado o sul do município de Lábrea (AM), na fronteira do Estado do Acre e Rondônia aonde ocorreram as principais mudanças de uso da terra nos últimos anos, resultantes do aumento de desmatamento do município. Foram analisadas as formas de ocupação dos atores ao redor das estradas percorridas. Quando possível, entrevistamos alguns desses atores. Com entrevistas informais, foi possível entender as principais atividades econômicas da região bem como entender históricos dos agentes envolvidos nessas atividades.

Simulação da dinâmica do desmatamento - Modelagem com AGROECO

Para simular a dinâmica do desmatamento na área de estudo, foi utilizado o modelo AGROECO, desenvolvido pelo laboratório de AgroEcologia do INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) que foi elaborado através da interface do programa computacional de simulação espacial chamado DINAMICA-EGO acoplado ao programa de simulação não espacial, VENSIM. O programa inicialmente nomeado como DINAMICA foi desenvolvido por uma equipe de pesquisadores na Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG (Soares-Filho et al., 2002). O DINAMICA-EGO permite desenvolver modelos de simulação explicitamente espacial da dinâmica da paisagem que se baseia em um algoritmo de autônomo celular. Nos autônomos celulares, o espaço é representado por um mosaico de células, geralmente de tamanhos e formatos idênticos. Sobre cada célula de um autômato celular são aplicadas regras de transição. Regras de transição determinam quando e por que o estado de uma célula se altera, podem ser quantitativas ou qualitativas. O mecanismo de aplicação das regras de transição baseia-se na vizinhança de uma célula (Pedrosa e Câmara, 2001). O estado de cada célula dentro de um arranjo espacial (grade de células) depende do estado prévio das células de vizinhança, de acordo com um conjunto de regras de transição estabelecido. Conforme Soares-Filho et al. (2006), autônomos celulares são capazes de simular os padrões espaciais do desmatamento incorporando um mapa de probabilidade representando a influência integrada de dados cartográficos na alocação do desmatamento. Assim, o DINAMICA-EGO é um ambiente de trabalho que permite a combinação de álgebra de mapas e outros operadores, dispostos em diferentes formatos, para produzir o modelo espacial desejado.

Descrição do modelo AGROECO

O modelo foi construído de maneira a responder a três questões relacionadas à mudança de uso da terra:

- ONDE- aonde ocorrerão as mudanças de uso da terra
- QUANTO- qual será a quantidade de mudanças que ocorrerão para cada transição
- COMO- qual será a representação espacial das novas áreas de mudança

A Figura 4, abaixo, apresenta um fluxograma que esquematiza os procedimentos utilizados na simulação do AGROECO.

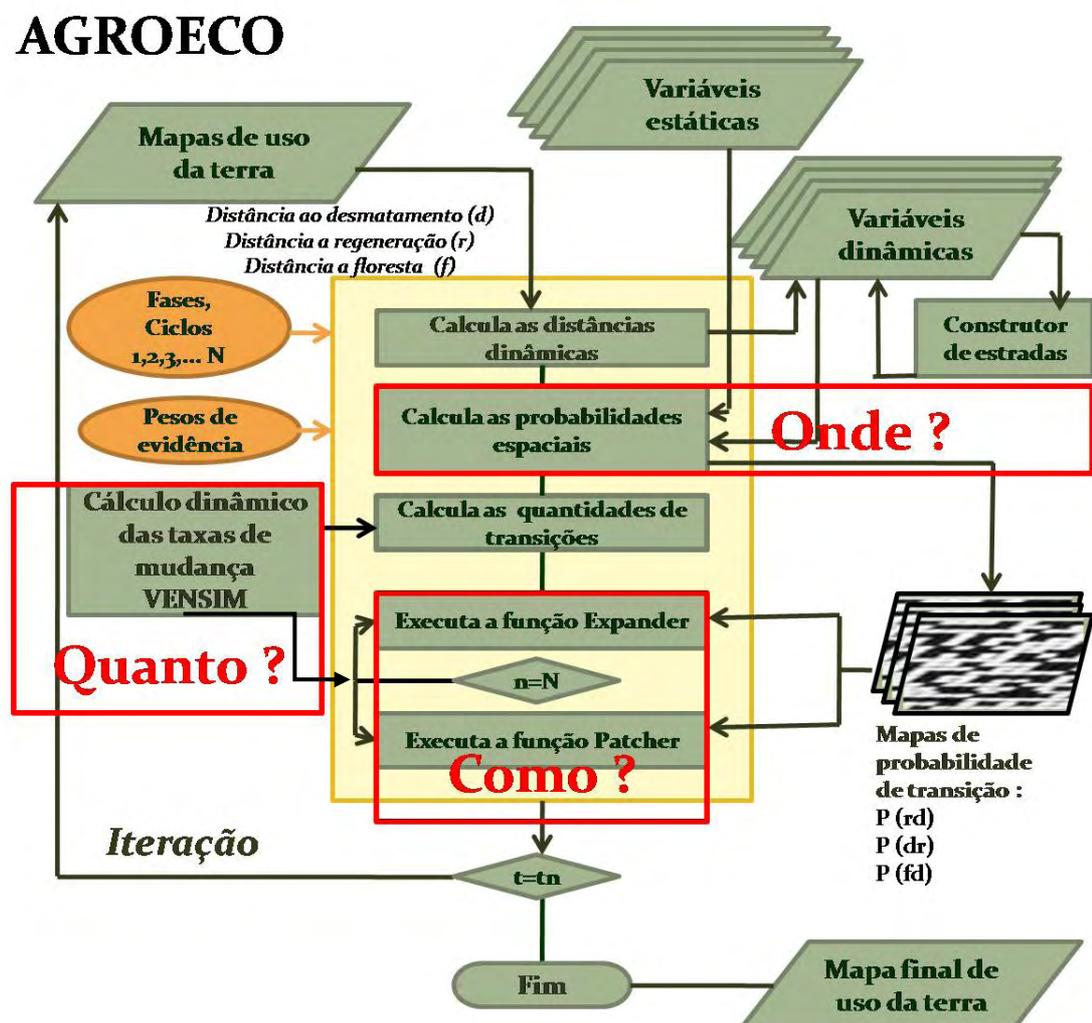


Figura 4. Fluxograma esquematizando os processos utilizados nas simulações do AGROECO.

Dados de entrada

Como entrada no modelo o AGROECO utiliza uma mapa temático representando o estado inicial do uso/cobertura da terra, derivado de imagens de satélite. Adicionalmente, o

modelo utiliza variáveis que se dividem em dois subconjuntos, de acordo com a sua natureza dinâmica (variáveis dinâmicas) e estática (variáveis estáticas), exemplos dessas variáveis estão apresentados na Figura 5. São consideradas variáveis espaciais dinâmicas no modelo mapas tais como, distância a cada tipo de classe de cobertura da terra (desflorestamento, regeneração e floresta). Neste modelo, o mapa de estradas é considerado uma variável dinâmica, apesar de entrar inicialmente no subconjunto de variáveis estáticas, pois a malha viária é expandida a cada iteração a partir de um algoritmo de construção de estradas.

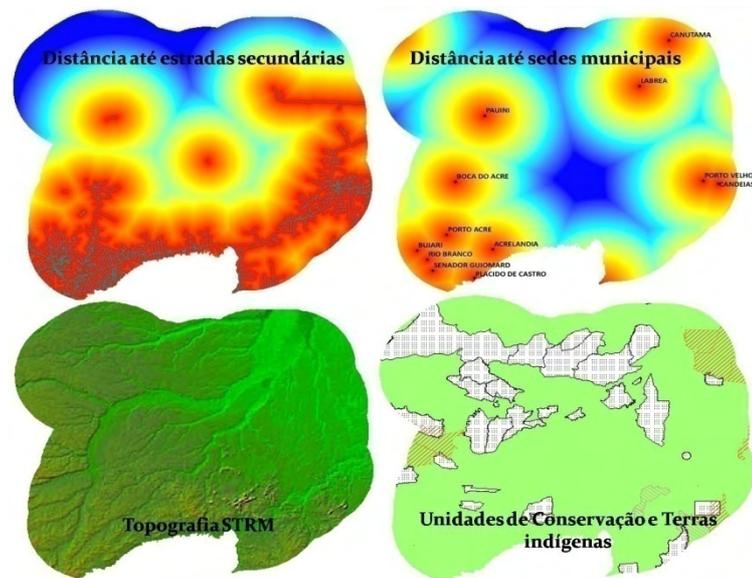


Figura 5. Exemplos de variáveis de entrada utilizadas no modelo AGROECO.

As variáveis consideradas foram:

- Distância até estradas pavimentadas (Centro Sensoriamento Remoto (CSR) UFMG)
- Distância até estradas não-pavimentadas (CSR- UFMG)
- Distância de floresta às áreas já desmatadas (INPE)
- Tipo de solo (RADAMBRASIL), considerando as seguintes classes: Latossolo Amarelo; Gleissolo; Luvisolo; Plintossolo; Neossolo; Argissolo; Podzol Hidromórfico; Cambissolo; Alissolo.
- Tipo de Vegetação (IGBE), considerando as seguintes classes: Savana arborizada ou parque; Sucessão primária (pioneira), influência fluvial, herbácea, aluvial; Sucessão primária (pioneira), influência fluvial, arbustiva, aluvial; Floresta ombrófila densa de terras baixas ou submontanas; Floresta

ombrófila densa aluvial; Floresta ombrófila aberta dominada por palmeiras de grande porte de terras baixas ou submontanas; Floresta ombrófila aberta dominada por cipós de terras baixas ou submontanhas

- Declividade, STRM
- Distância aos assentamentos do INCRA (INCRA)
- Unidades de Conservação já existentes e Terras Indígenas (IBAMA e ISA)
- Distância até os rios principais (Agência Nacional da Água-ANA)

Mecanismo da simulação

A primeira etapa consiste na calibração que reúne a fase de extração dos pesos de evidência e o cálculo da matriz de transição entre as classes de cobertura da terra consideradas. Durante esta etapa, se obtêm as taxas de transição anuais, nas quais são derivadas as taxas líquidas de desflorestamento, taxas de *clearing* cuja regeneração das áreas desmatadas é cortada para ser reutilizada e a classe de recuperação ou regeneração. Essas são as taxas que transicionam as classes do mapa de uso/cobertura da terra, por exemplo, modificam a classe de floresta e/ou recuperação à classe de desmatamento. A matriz de transição foi obtida a partir de uma comparação entre mapas de duas datas distintas, em uma região que tem sofrido os mesmos processos de desmatamento esperados na região de estudo. Neste estudo, a área de calibração foi selecionada de uma região próxima à usina hidrelétrica de Samuel, localizada cerca de 25 km de Porto Velho (RO) (Figura 6). A matriz de transição anual obtida para a região de Samuel entre os anos 2004 e 2007 foi aplicada na área de estudo, região de Lábrea. Mesmo se mapas de três anos são comparados, o modelo deduz taxas de transição anuais. Na mesma região de calibração foram calculados os pesos de evidência.

Os pesos de evidência representam a influência de cada variável nas probabilidades espaciais de uma transição de um estado i para j , sendo calculado pelas equações 3 até 11.

$$P(D|A) = \frac{P(D \cap A)}{P(A)} \quad (3)$$

$$P(A|D) = \frac{P(A \cap D)}{P(D)} \quad (4)$$

$$P(A \cap D) = P(A|D) \times P(D) \quad (5)$$

Por substituição da equação 5 na equação 1, obtém-se:

$$P(D|A) = P(D) \times \frac{P(A|D)}{P(A)} \quad (6)$$

Da mesma maneira, considerando o não-evento D , \bar{D} , obtém-se:

$$P(\bar{D}|A) = P(\bar{D}) \times \frac{P(A|\bar{D})}{P(A)} \quad (7)$$

Aplicando-se uma razão entre as equações 6 e 7, obtém-se:

$$O(D|A) = O(D) \times \frac{P(A|D)}{P(A|\bar{D})} \quad (8)$$

$$\log O(D|A) = \log O(D) + \log \frac{P(A|D)}{P(A|\bar{D})} \quad (9)$$

$$\log O(D|A) = \log O(D) + W^+ \quad (10)$$

$$\log O(D|A_i) = \log O(D) + \sum_{i=1}^n W_i^+ \quad (11)$$

Onde $O(D)$ e $O(D|A)$ são as razões de chances, respectivamente, de ocorrer *a priori* o evento D e ocorrer D dado um padrão espacial A . W^+ é, portanto, o peso de evidência de ocorrer um evento D , dado um padrão espacial A . Quando considerados vários padrões espaciais A_i , os pesos de evidência relacionados a esses padrões são somados, conforme a equação 11.

A probabilidade espacial *a posteriori* de uma transição $i \Rightarrow j$, dado um conjunto de dados espaciais (B, C, D, \dots, N) , é expresso na equação 5 seguinte:

$$P(i \rightarrow j | B \cap C \cap D \dots \cap N) = \frac{e^{\sum W_i^+}}{1 + e^{\sum W_i^+}} \quad (5)$$

Onde, B, C, D, \dots, N são valores de variáveis espaciais k medidas na posição (x,y) e representada por seus pesos W_N^+ .

O efeito de cada variável pode ser calculado independentemente de uma solução combinada. A única suposição deste método é que os mapas de entrada do modelo sejam independentes espacialmente. Isso pode ser avaliado usando a Informação de Incerteza Conjunta (IIC), a qual é um coeficiente (*Cramer*) que varia de 0 (indicando nenhuma correlação) a 1 (indicando uma correlação perfeita). A partir desta avaliação, variáveis correlacionadas são eliminadas do modelo integrado. Esses pesos representam uma série de dados expressos como tabelas extraídas com base na superposição de mapas de informações ambientais da área. Considerou-se que a obtenção de coeficientes superiores a 0,5 indicam que variáveis são dependentes espacialmente (Comunicação pessoal de Soares-Filho, 2008).

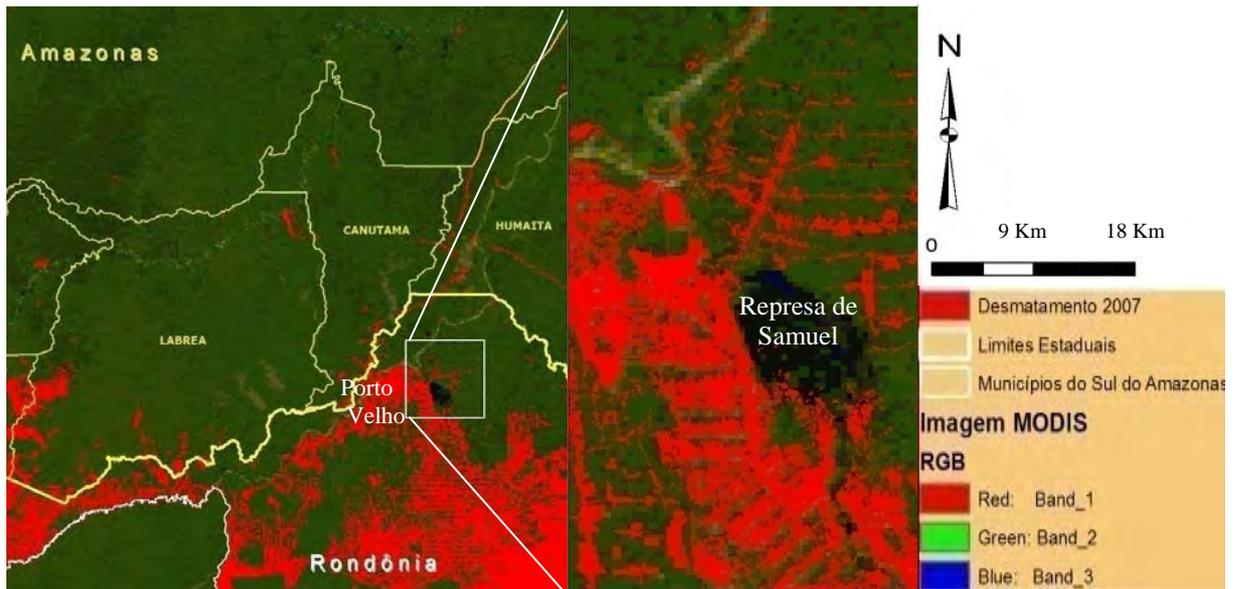


Figura 6. Área de calibração escolhida perto de Porto Velho, na área de Samuel.

Os mapas de entrada (variáveis de entrada) são processados pixel a pixel utilizando estatística multivariada que permite obter as evidências dessas variáveis ambientais na probabilidade de transição de um estado i para j . Neste modelo, os mapas de variáveis ambientais participam ao final de cada ciclo para o cálculo de mapa de probabilidade. Neste mapa, cada célula possui uma probabilidade de ser desmatada, cortada ou regenerada, isso é o resultado de uma combinação multivariada dos pesos de evidência de cada variável (Soares-Filho, 2003) (Figura 7).

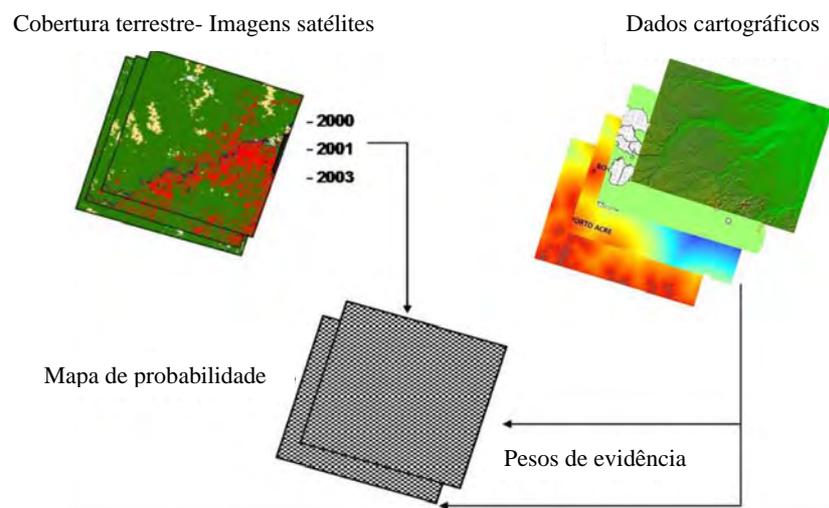


Figura 7. Tabulação cruzada de mapas multitemporais para produzir mapas de probabilidade de transição.

O modelo computacional possui uma rotina de construção de estradas, as quais são incorporadas aos mapas de entrada, os quais serão processados para o cálculo do novo mapa de probabilidade. A cada ciclo, os mapas de distância às estradas são recalculados. Existe dentro do AGROECO um módulo chamado construtor de estradas que gera novos traçados de estradas. Essas estradas são construídas a partir de mapas de fricção ou custo, cujos cálculos se baseiam na distribuição espacial de áreas atrativas, áreas protegidas e outros obstáculos. Para seu funcionamento, o construtor de estradas considera as áreas para agricultura muito atrativas e pouco as áreas protegidas. Para definir o caminho que será construído, utiliza-se o conceito de custo para a construção, com base na declividade do terreno e no tipo de proteção da área. A atividade do construtor apresenta três fases: uma muito ativa, de penetração, que consiste na construção de estradas largas na floresta, uma fase de consolidação aonde são construídas estradas mais curtas (ramais ou vicinais) em áreas atrativas e uma fase de construção de estradas projetadas pelo governo federal. Na medida em que o construtor de estradas cria novas estradas, as áreas de floresta disponível para o desmatamento aumentam. Conjuntamente, outra rotina gera superfícies de áreas fundiárias abrangendo uma distância de dois quilômetros a cada lado das estradas, essas áreas representam faixas de ocupação por pequenos agricultores que desmatam pequenas áreas para agricultura de subsistência.

Acoplamento com o modelo não espacial VENSIM

Uma parte muito importante é o intercâmbio de variáveis entre o modelo espacial do DINAMICA-EGO e o modelo não espacial VENSIM. Com este, são moduladas as taxas de transição que representam as mudanças que ocorreram durante uma iteração da simulação (desmatamento, regeneração ou *clearing*). A modulação se refere às mudanças nas transições por efeito da economia, o modelo pode utilizar uma curva histórica de demanda de terras para soja ou para pecuária e projetá-la no futuro, modulando assim, a taxa de desmatamento em cada ano. Entretanto, as simulações apresentadas nesse trabalho foram restritas à modulação realizada pelo modelo espacial. Esta condição permitiu somente a modulação das taxas de desmatamento por efeito da evolução espacial das variáveis no DINAMICA-EGO. Algumas delas são: a evolução da distribuição espacial da rede de estradas, a superfície de estradas de consolidação, as mudanças na superfície de atratividade fundiária, proximidade das áreas protegidas e floresta disponível entre outras. Estas variáveis modulam, internamente, as taxas de desmatamento, *clearing* e regeneração a cada iteração. Este trabalho teve por objetivo comparar a influência de criação das áreas protegidas supracitadas na taxa de desmatamento, de *clearing* e de regeneração observadas a cada iteração no mapa de saída. Portanto, a cada

iteração, o modelo cria uma superfície de floresta disponível para aplicar taxas líquidas. As taxas passadas pelo VENSIM são aplicadas à floresta disponível. A floresta disponível depende da rede de estradas que foi construída a cada iteração, essa rede é criada pelo construtor de estrada que, por sua vez, depende dos mapas de fricção e atratividade (Figura 8).

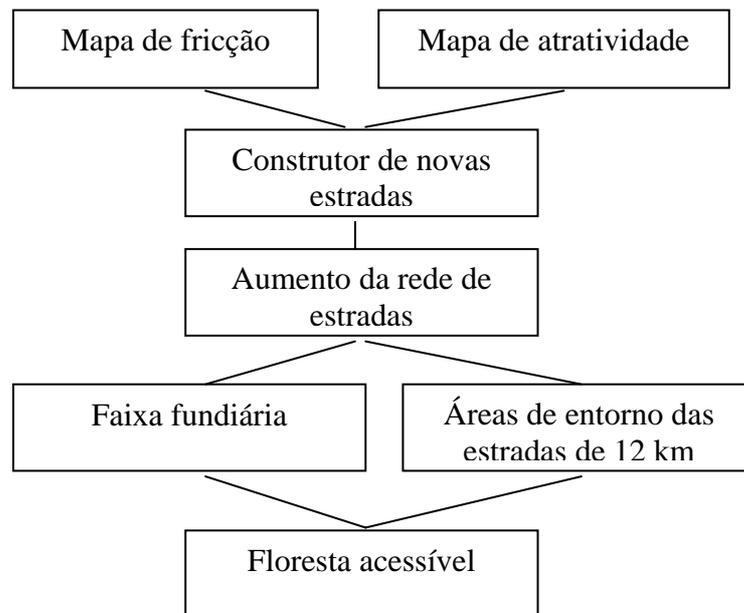


Figura 8. Fluxograma apresentando as variáveis que influenciam o cálculo da área de floresta disponível a cada iteração à qual são aplicadas as taxas de transição de mudanças.

Por exemplo, o aumento da extensão de áreas protegidas influencia os mapas de fricção e atratividade, que conseqüentemente influenciará a rede de estradas construídas e a superfície de área de floresta disponível decorrente. Assim, as taxas de mudança variam com o tempo em função da disponibilidade de áreas de floresta para desmatar. Mesmo se a taxa de entrada esteja constante, as taxas brutas de mudanças observadas a cada ano variam. Após do cálculo da quantidade de mudanças, duas funções de distribuição de mudanças, expansiva (*Expander*) e de semeadura (*Patcher*) geram novos mapas de desmatamento. Na função *expander*, uma nova probabilidade de transição espacial P_{ij} depende da quantidade de células no estado j ao redor de uma célula de tipo i . A função *Patcher*, cria novas manchas através de um mecanismo de semeadura. Esta última elege primeiramente uma célula central de uma nova mancha e de acordo com sua probabilidade de transição P_{ij} , seleciona um número específico de células ao redor da célula central. Ambos os processos tem como parâmetros de entrada a isometria, a variância e o tamanho médio das manchas. A isometria varia de 0 a 2, com 2 o tamanho maior de mancha. O tamanho de novas manchas e a expansão de bordas são

configurados de acordo com a distribuição de probabilidade lognormal. A combinação da função de transição do DINAMICA-EGO apresenta numerosas possibilidades a respeito da geração e envolvimento de mudanças nos padrões espaciais. Essas rotinas aumentam a superfície desmatada e produzem novos pontos de desmatamento, mas também produzem recuperação de células desmatadas e desmatamento de floresta secundária.

As simulações utilizam o modelo AGROECO executando cenários BAU “*Business As Usual*” considerando apenas as áreas protegidas existentes até 2007 e cenários de *Governança* considerando as áreas protegidas existentes até 2007, a recente criação das áreas protegidas decretadas em 2008, além de outras áreas protegidas propostas conjuntamente à ALAP (BR-319). A demanda de desmatamento se manterá constante durante a simulação sem considerar uma política virtual que possa mudá-la durante as simulações.

Elaboração de cenários

Foram elaborados dois grupos de cenários, um grupo *Business As Usual* (Mesmo de sempre) e um grupo de *Governança* ou Conservação para comparar as possíveis trajetórias do desmatamento em Lábrea entre os anos 2008 e 2040. Cada grupo de cenários contém quatro cenários. Em todos os cenários foram utilizadas taxas líquidas anuais de desmatamento constantes como entrada para alimentar o modelo, porém, a demanda para o desmatamento é modulada pela disponibilidade de floresta acessível. Dessa maneira, também, os resultados obtidos após a utilização de ferramentas espaciais elaboradas para simular o desmatamento dentro das áreas protegidas podem ser avaliados e comparados. Essas ferramentas são pesos de evidência, mapas de fricção e de atratividade utilizados no modelo entre outros.

O primeiro grupo (grupo I) de cenários considera as áreas protegidas existentes até 2007, mas não considera as áreas protegidas recém criadas e propostas associadas à ALAP (ver Introdução). Esse grupo representa os cenários de linha base ou *baseline* quando comparados com o segundo grupo (grupo II) de cenários que inclui as áreas protegidas da ALAP. Dentro do grupo I, o primeiro cenário foi denominado “*Business As Usual sem a criação das novas áreas protegidas (I-1)*”. Neste cenário, foram utilizados Pesos de evidência Homogeneamente Distribuídos (PHD) das áreas protegidas para categorias de uso relacionadas à esfera administrativa. Considerando um nível de proteção diferente para cada categoria relacionada à esfera administrativa, foi desenvolvido um novo modelo de fricção que considera fricções diferentes para essas categorias, cujos resultados são utilizados pelo algoritmo do construtor de estradas. Também, um novo modelo de proteção foi desenvolvido. Este último modelo gera o mapa inicial de áreas protegidas, considerando neste trabalho, as classes de uso

relacionadas à esfera administrativa. Esse mapa entra no cubo de variáveis estáticas (*stacklayer*) ao qual são aplicados pesos de evidência específicos às categorias das UCs associadas à esfera administrativa. Esse primeiro cenário I-1 é o cenário de linha base ou *baseline*, que servirá de testemunho quando forem comparados os cenários do grupo I. Foram considerados dentro do cenário “*Business As Usual sem a criação das novas áreas protegidas (I-2)*”, com Pesos de evidência Gradualmente Distribuídos (PGD), diferenciando a probabilidade de alocação do desmatamento dentro das áreas protegidas em relação à distância euclidiana interna. Um cenário “*Business As Usual sem a criação das novas áreas protegidas (I-3)*” considerou áreas de amortecimento ao redor das UCs (áreas de entorno de 10 km) tendo fricções maiores para o construtor de estradas (aumentando o custo da construção das estradas) e considerando pesos de evidência específicos às áreas de amortecimento de cada categoria de unidades de conservação associada à esfera administrativa, calculados em regiões adjacentes à área de estudo (ver Capítulo I). Considerando essa variável a mais, espera-se que o desmatamento exercido ao redor das áreas protegidas, (áreas de entorno) seja mais bem representado em relação ao que aconteceu em regiões vizinhas (ver Capítulo I). Assim, nos mapas estáticos de entrada das áreas protegidas foram também consideradas as áreas de amortecimento de 10 km ao redor das áreas protegidas. O terceiro cenário do grupo I considera Pesos de evidência Homogeneamente Distribuídos (PHD) para as áreas protegidas e para as áreas de amortecimento. O último cenário “*Business As Usual sem a criação das novas áreas protegidas (I-4)*” considera também as áreas de amortecimento (PHD) e pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas.

O segundo grupo de cenários de *Governança* considera, além das áreas protegidas existentes, também, aquelas recém criadas (tais como PARNA do Mapinguari, RESEX do Ituxi, RESEX do Médio Purus, FLONA do Iquiri e as outras propostas conjuntamente à ALAP). Tal como o grupo precedente, o primeiro cenário (*II-1*) considera pesos de evidência homogeneamente distribuídos. O segundo (*II-2*) considera pesos de evidência gradualmente distribuídos, os dois últimos consideram também áreas de amortecimento das áreas protegidas sendo que um deles utiliza pesos de evidência homogeneamente distribuídos para as áreas protegidas (*II-3*) e outro considera pesos de evidência das áreas protegidas gradualmente distribuídos (*II-4*) (Tabela 1).

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.

	Grupo I com áreas protegidas existentes sem as áreas protegidas recém criadas	Grupo II com áreas protegidas existentes e as áreas protegidas recém criadas	Distribuição dos pesos de evidência	Consideração dos pesos de evidência das áreas de entorno às áreas protegidas
Cenários	Cenário I – 1	Cenário II - 1	Homogênea	Não
	Cenário I - 2	Cenário II - 2	Gradual	Não
	Cenário I - 3	Cenário II - 3	Homogênea	Sim
	Cenário I - 4	Cenário II - 4	Gradual	Sim

Resultados

Os padrões de ocupação de Lábrea e circunvizinhanças

Durante a realização do estudo, foram realizadas duas excursões ao Sul do Estado do Amazonas. Primeiramente, foi visitada a parte norte do município de Lábrea aonde se encontra a sede do município. Essa visita foi realizada durante o mês de Novembro de 2007. A segunda excursão foi realizada durante o mês de Agosto de 2008 e teve como destino o sul do município de Lábrea. Durante as duas visitas, foram determinados os principais padrões de desmatamento e atividades associadas. Também, entrevistas informais (não estruturadas) permitiram entender a dinâmica futura do desmatamento esperada nessa região pelos próprios atores envolvidos nas mudanças de uso da terra e pelos organismos (associações e órgãos públicos) da região. São apresentados os resultados obtidos para cada região visitada.

Parte norte do município de Lábrea

Para chegar até a sede de Lábrea, é preciso atravessar um segmento da estrada BR-230 que liga Humaitá a Lábrea (Figura 9). O trecho que liga Humaitá a Lábrea é de difícil trafegabilidade, sendo que não é asfaltado. O período chuvoso impede a travessia durante alguns meses do ano, principalmente no trecho conhecido como o “Estreito de Lábrea”, local onde o leito da estrada se estreita dando lugar a floresta, impedindo que a estrada enlameada seque por efeito do sombreamento das árvores. Pode se imaginar que, caso se esse trecho fosse asfaltado, o trânsito de caminhões e ônibus seria facilitado entre Porto-Velho/Humaitá e Lábrea. Uma vez que Humaitá apresenta uma atividade antrópica intensa, a melhoria da trafegabilidade pelo asfaltamento permitiria aumentar o transporte de pessoas e de produtos o ano todo entre estas cidades. Segundo o Ministério dos Transportes, este trecho deveria ser

asfaltado antes de 2013. Assim, espera-se que após dessa data, a pressão antrópica observada em Humaitá possa se redirecionar para Lábrea onde muitas terras estão ainda disponíveis para novos reivindicadores, tais como, posseiros e grileiros. Na região próxima a Humaitá, notamos a presença, essencialmente, de atividades de pecuária bovina e agrícolas tais como cultivos de arroz, soja. Na região de influência da BR-319, entre Humaitá e Porto Velho, se encontram também algumas áreas de plantio de soja. Em áreas mais afastadas de Humaitá, no trecho Humaitá/Lábrea, ao longo de 150 km aproximadamente, a atividade antrópica é menos intensa. No percurso a Lábrea, foram encontradas três comunidades pequenas, instaladas às margens dos igarapés. Para atravessar os igarapés são utilizadas balsas com sistema manual (corda). Foram observadas, também neste trecho, algumas terras abertas recentemente por pequenos agricultores para desenvolver agricultura de subsistência.



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.

Mais próximo da sede, observou-se a presença de grandes fazendas. Existem também três assentamentos do INCRA próximo à sede de Lábrea. Um dos objetivos de nossa excursão à sede de Lábrea, além de reconhecer os padrões de desmatamento ao longo da BR-230, foi de visitar órgãos públicos e associações para coletar informações sobre os atores envolvidos na região e as dinâmicas destes no uso da terra. Foram entrevistados informalmente representantes da FUNAI, INCRA e CNS. Não foi possível encontrar os representantes locais do IBAMA no local, pois estavam em missão durante esse período.

Em 2006, após conflitos entre seringueiros, extrativistas de castanha e pecuaristas no Sul de Lábrea, o CNS se mobilizou e reivindicou a criação das RESEX do Ituxi para proteger os comunitários do território Ituxi. Nesse período, a criação das áreas protegidas propostas (ver introdução) não estava ainda decida pelo governo federal. O encontro com o representante do CNS foi importante para conhecer os profundos motivos dos seringueiros em reivindicar a

criação dessa reserva extrativista e suas expectativas num futuro próximo quanto à decisão da criação da reserva e aos conflitos agrários. O CNS de Lábrea é presidido por um pastor que trabalha com a associação APADRIT, cuja 102 famílias, ou seja, 282 pessoas habitando tradicionalmente a região do Ituxi estão associadas. Como lembra o pastor, em 2006, foi realizado um evento de consulta pública onde foram apresentadas as propostas de criação das RESEX do Ituxi e do Médio Purus e onde a discussão foi aberta entre as partes. Esta consulta pública foi realizada por iniciativa do governo federal e reuniu representantes da Casa Civil e de vários ministérios (Integração, Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia) e instituições governamentais (INCRA, IBAMA, INPA, EMBRAPA) entre outros, com representantes governamentais locais (prefeitos, secretarias municipais), entidades civis organizadas, políticos e populares.

Desde esse evento, nenhuma decisão tinha sido tomada pelo governo federal. O pastor deu ênfase à ansiedade dos moradores, apressados em conhecer a resposta do governo, preocupados com o destino das florestas e por sua vez, de suas vidas. Os profundos motivos dessa reivindicação estão relacionados aos conflitos que ocorreram nas comunidades do Rio Ituxi. Segundo o representante do CNS, houve conflitos entre grileiros de terra e os moradores das comunidades extrativistas de extrema gravidade. Relatou que casas foram queimadas e pessoas das comunidades foram mortas. Também, com a criação dessa reserva, a associação dos moradores do Ituxi tem como objetivo organizar uma cadeia produtiva da castanha do Brasil e criar uma alternativa à organização atual que envolve uma associação compradora da produção de castanheiros locais que não favorece os moradores do Ituxi. O pastor declarou que “a associação compra as castanhas dos moradores a um preço muito baixo”. A vontade dos moradores é permitir o desenvolvimento de atividades sustentáveis sem depender do monopólio das empresas que atuam na região. Além da castanha, os moradores têm o projeto de fazer um plano de manejo florestal comunitário. Quanto às visões futuras do avanço do desmatamento em Lábrea, o presidente do CNS é pessimista e prevê uma aceleração das atividades madeireiras, pecuaristas e de grilagem no Sul do município.

Em seguida, foi realizada uma visita à FUNAI, órgão federal responsável pela tutela dos povos indígenas. Segundo os profissionais da FUNAI, as comunidades indígenas da região estão em posição de resistência contra invasões no território das reservas demarcadas. Pescadores, exploradores de madeira tendem a entrar ilegalmente nas reservas para retirar produtos naturais de valor comercial. A reserva indígena Caititu está muito próxima da cidade de Lábrea e já apresentou casos de grilagem de terra. Os representantes da FUNAI explicam que os conflitos são ligados à proximidade da Transamazônica (BR-230). Segundo os

representantes da FUNAI, as duas RESEX propostas poderão atuar como cinturão de proteção ao redor de Lábrea e as reservas indígenas poderão se aproveitar, ao mesmo tempo desta proteção. Em visita ao INCRA de Lábrea, o seu representante relatou suas visões em relação ao desmatamento passado. O representante do INCRA entrevistado é nativo de Lábrea e conhece bem as dinâmicas passadas do desmatamento de Lábrea. Segundo ele, Lábrea tem passado por processos de desmatamento rápidos há muitos anos perto da sede. A exploração madeireira teve forte impacto ambiental e levou à perda de muitas espécies de valor comercial. Ele também enunciou o desmatamento que ocorre no Sul do município e pensa que o município está numa situação preocupante: “as áreas de pastagens tendem a se intensificar”, ele pensa que o ritmo de uso da terra para pastagem vai continuar. O representante indicou a presença de três ramais do INCRA perto da sede. Um ramal situado no km 12 da BR-230, e dois nos quilômetros 20 e 24. Ele afirmou que o desmatamento ilegal não ocorre nos lotes do INCRA, que a delimitação das áreas dos agricultores é respeitada. Os agricultores dos assentamentos do INCRA produzem frutos e legumes para o comércio local (feira) de Lábrea. O escoamento da produção é dificultado pelo estado de conservação precário das vias de acesso. No período chuvoso, a dificuldade de trafegabilidade impede os agricultores de comercializar seus produtos de maneira regular. As condições meteorológicas na região, de alta pluviosidade, isolam estes produtores durante alguns meses do ano, o que dificulta as condições de vida destes moradores.

As atividades humanas, perto da sede de Lábrea, são ainda pouco intensas. O processo de desmatamento se acentua no Sul de Lábrea, onde grandes ramais foram construídos através da floresta. Existe uma grande área de pastagens perto à sede, mas a baixa trafegabilidade impede uma forte migração para essa região. Os assentamentos isolados têm pouca demanda e não apresentam altas taxas de desmatamento, como poderia ser observado perto de Porto Velho, em Ariquemes ou Jamari, ou mesmo na região de Boca do Acre.

Parte sudeste e sul do município de Lábrea

No Sul de Lábrea, foram visitados dois ramais em uma região de expansão agropecuária, acessíveis a partir da BR-364 (Porto Velho - Rio Branco) (Figura 10). Os inícios dos ramais fazem parte do município de Porto Velho (Estado de Rondônia). Esses ramais foram escolhidos a partir de imagens satélites, sendo que as áreas desmatadas são numerosas e também porque esses ramais foram apontados como responsáveis do aumento das taxas de desmatamento do município de Lábrea. Foram percorridos trechos do Ramal do Jequitibá e do Ramal do Boi (ou do Baiano) para reconhecer os principais padrões de ocupação e as

atividades responsáveis pelo aumento de desmatamento. O Ramal do Boi atinge 100 km até as cachoeiras do Ituxi, situadas no município de Lábrea. Nesse ramal, várias fazendas se implantaram ocupando grandes áreas de pastagem.

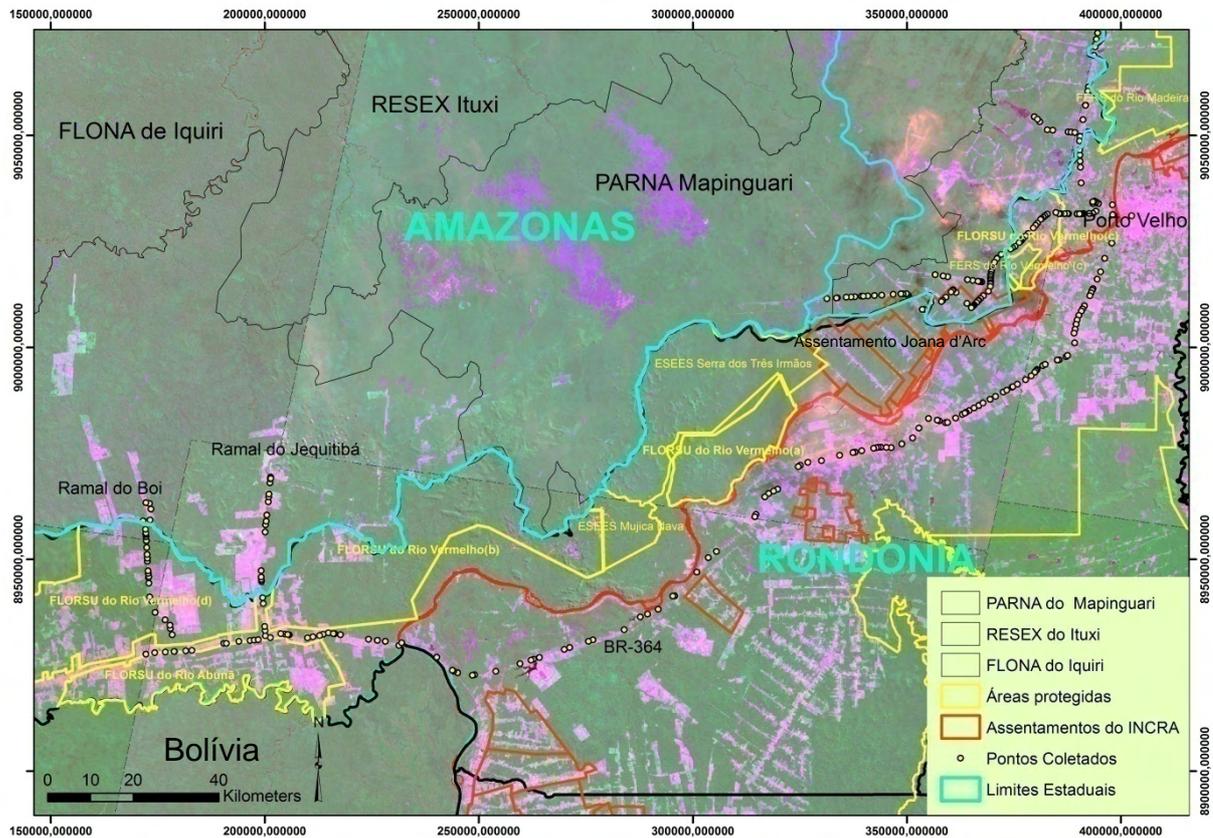


Figura 10. Sul do Estado do Amazonas, na intersecção com os Estados de Rondônia, do Acre e a Bolívia. São apresentados os pontos de GPS (projeção cartográfica UTM) coletados durante a viagem de campo em Agosto de 2008 em um mosaico de Imagens Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008.

O Ramal do Boi possui vários proprietários. Entre eles, conhecido pela alcunha de “baiano”, ocupou várias áreas, ocupando desde 2002 novas áreas de pastagem. A principal fazenda dele (América) possui 8.000 ha e apresenta 4.000 ha de pastagem para até 7.000 cabeças de gado (comunicação pessoal do gerente da fazenda). O dono foi assassinado há dois anos, as razões desse crime não foram ainda esclarecidas, talvez ligadas a conflitos de terra ou atividades ilegais. Além da pecuária, foi anotada a presença de várias áreas sob manejo florestal, tanto do lado rondoniense como amazonense. Existem várias trilhas de arraste e pátios de estocagem de madeira ao redor das estradas. Não foram obtidas muitas informações sobre a extração de madeira ilegal, paralela aos planos de manejo florestal.



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.

Segundo um morador do ramal, cuja fazenda está situada em Lábrea, a atividade madeireira na fronteira em Rondônia é muito menos controlada do que a parte de Lábrea no Amazonas. Ainda informou que a fiscalização aumentou após 2006, quando Lábrea foi apontado como um dos 36 municípios mais desmatados da Amazônia Legal. Parece que as políticas de fiscalização obtiveram um resultado positivo em Lábrea impedindo o avanço do desmatamento. Toda parte rondoniense do início do ramal pertence a uma FLORSU (Floresta de Rendimento Sustentável do Estado de Rondônia) (Figuras 10 e 11). Foram constatadas várias áreas de pastagem grandes dentro dessa área protegida, que foi originalmente criada

para sustentar o uso da floresta em pé. Apesar do aumento de controle no Amazonas, a atividade madeireira ilegal, presente nessa região, poderia continuar e estender-se até o município de Lábrea. É possível que os madeireiros extraíam as madeiras durante o período chuvoso para evitar o controle do IBAMA e o uso de imagens satélites para a detecção de extração madeireira (devido à intensa cobertura de nuvens nesta época). É importante destacar que várias serrarias ilegais foram fechadas na região. Essas madeireiras permitiram o desenvolvimento das pequenas cidades ao redor (cidades de Vista Alegre de Abunã e Extrema, em Rondônia).

O segundo ramal visitado foi o Ramal do Jequitibá. Esse ramal é menos extenso do que aquele do Boi. Entretanto, existe um ramal lateral que interliga o Ramal do Jequitibá com outro ramal na FLORSU do Rio Vermelho. Uma pequena parte do Ramal do Jequitibá pertence ao Estado de Rondônia, a outra parte pertence ao Estado do Amazonas. Nesse ramal, existem várias fazendas que possuem grandes áreas de pastagem. As atividades principais são a pecuária e extração de madeira (com planos de manejo florestais). Portanto, ao longo do ramal, várias placas indicam planos de manejo registrados pela SEDAM (Secretaria do Meio Ambiente Rondoniense) e pelo IBAMA no lado amazonense. Os planos de manejo são geralmente obtidos pelos donos de fazenda como observado nas placas de manejo encontradas no ramal, indicando o nome da fazenda. No final do ramal, encontram-se pequenos lotes de terra posicionados ao longo do ramal lateral (visíveis na imagem satélite da Figura 12). Nesse ramal, residem vários colonos que vieram há pouco tempo para se instalar em um pequeno lote de terra. Segundo relatos de alguns locais, a maioria desses pequenos produtores é originária do Nordeste e do Sudeste do país ou são filhos de colonos que já tinham migrado nos anos setenta. Mais recentemente, trabalhadores rurais do movimento sem terra MCC-Movimento Camponês de Corumbiara chegaram à região. Os colonos criaram a associação AUPRA (Associação União dos Produtores Rurais do Amazonas). Como explicam os agricultores, cada grupo está sendo regularizado pelo INCRA. As famílias do MCC farão parte de um Projeto de Assentamento Sustentável (PAS) enquanto os colonos serão assentados em lotes de tamanho padrão (100 ha). Segundo os pequenos agricultores entrevistados, vários grileiros ocuparam terras do outro lado desse ramal lateral. Já ocorreram vários conflitos entre esses últimos e os pequenos agricultores. Um desses conflitos levou à morte do líder Francisco da Silva da associação AUPRA que foi assassinado em 2008. Conflitos agrários entre o líder da AUPRA e grileiros da região levaram a seu assassinato (Amazonas em Tempo, 2008).

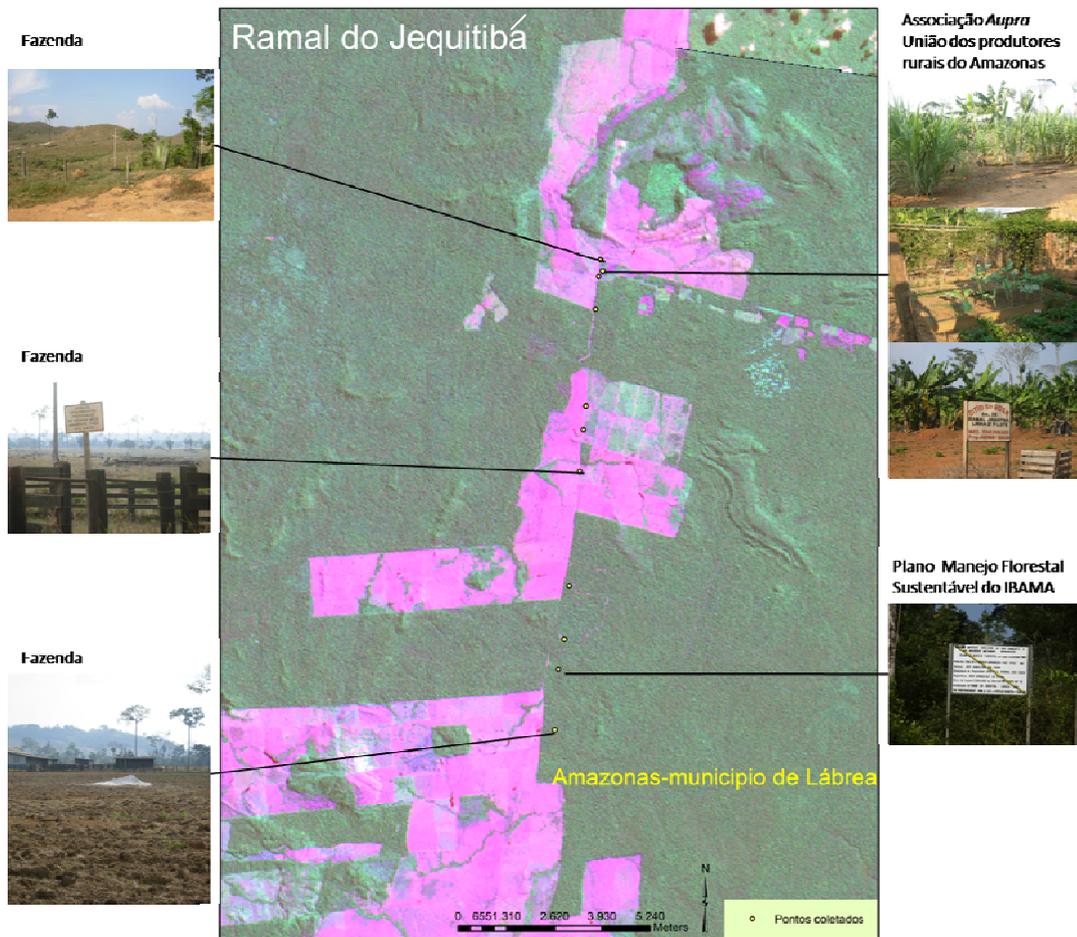


Figura 12. Área do Ramal do Jequitibá visitada em Agosto de 2008, imagem de satélite Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008. Dos lados, são apresentadas fotografias tomadas em campo representando as principais atividades do ramal: pecuária e manejo florestal.

A situação nessa região é conflituosa envolvendo muitos interesses. Assim, o desmatamento associado à disputa de terras levou aos conflitos entre os diferentes tipos de ocupantes. Além da conversão da paisagem associada às atividades de pecuária e pequena agricultura, também se percebe um quadro social tenso onde a violência no campo é atual.

Assentamento Joana d'Arc (RO)

Ao oeste de Porto Velho se encontra o assentamento do INCRA de Joana D'Arc (RO). Esse lugar foi escolhido para reconhecimento de campo porque essa região é vizinha à recente área protegida criada, o Parque Nacional do Mapinguari. O Parque Nacional do Mapinguari se estende até o município de Lábrea. Como esse trabalho teve como objetivo modelar o

desmatamento e elaborar cenários associados à recente criação de áreas protegidas, incluindo esse parque, foi interessante analisar a pressão antrópica existente nos limites exteriores ao Parque. Portanto, a partir de análises visuais de imagens satélites, foi observado que existem ramais e formas de ocupação dentro dos novos limites do parque (Figura 13).

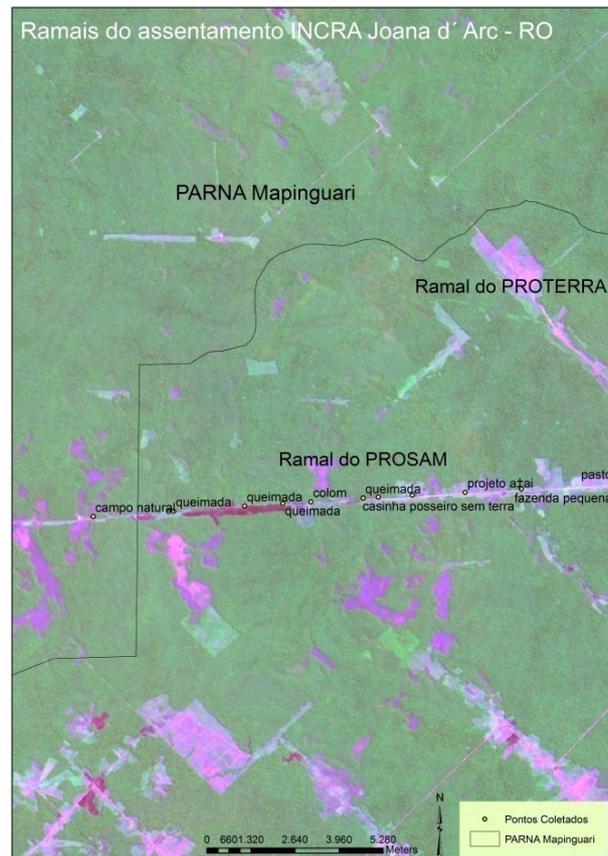


Figura 13. Imagem de satélite Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008 apresentando partes dos Ramais da PROSAM e PROTERRA.

Nessa região foram encontrados diferentes tipos de atores: pequenos agricultores e fazendeiros (Figura 14). Os colonos entrevistados foram geralmente originários do Sudeste ou do Nordeste do Brasil. Vários relataram que as famílias deles já tinham migrado para Mato Grosso ou para Rondônia na época de incentivos agrícolas do governo e após a abertura de grandes eixos rodoviários. Hoje, as migrações continuaram e já alcançaram as fronteiras a oeste de Rondônia até alcançar municípios do Amazonas e do Acre. A atividade principal nessa região é a pecuária. Observamos uma paisagem composta de um mosaico de pastos de diferentes idades e tamanhos, com densidade variável de babaçus, planta considerada como invasora em pastagens. Durante nossa visita a esta região, havia numerosas queimadas. No período seco, os fazendeiros e agricultores queimam os pastos sujos como forma de manejo

de pasto, eliminando as espécies de plantas invasoras e melhorando a qualidade do solo a partir da deposição de cinzas. Entretanto, observou-se que a maioria dos pastos está coberta de babaçus, o que mostra que os investimentos no manejo dos pastos são baixos, os pastos se degradam rapidamente, sendo invadidos por plantas invasoras, tal como, o babaçu. Nesta região, existem vários pastos completamente cobertos por babaçus.

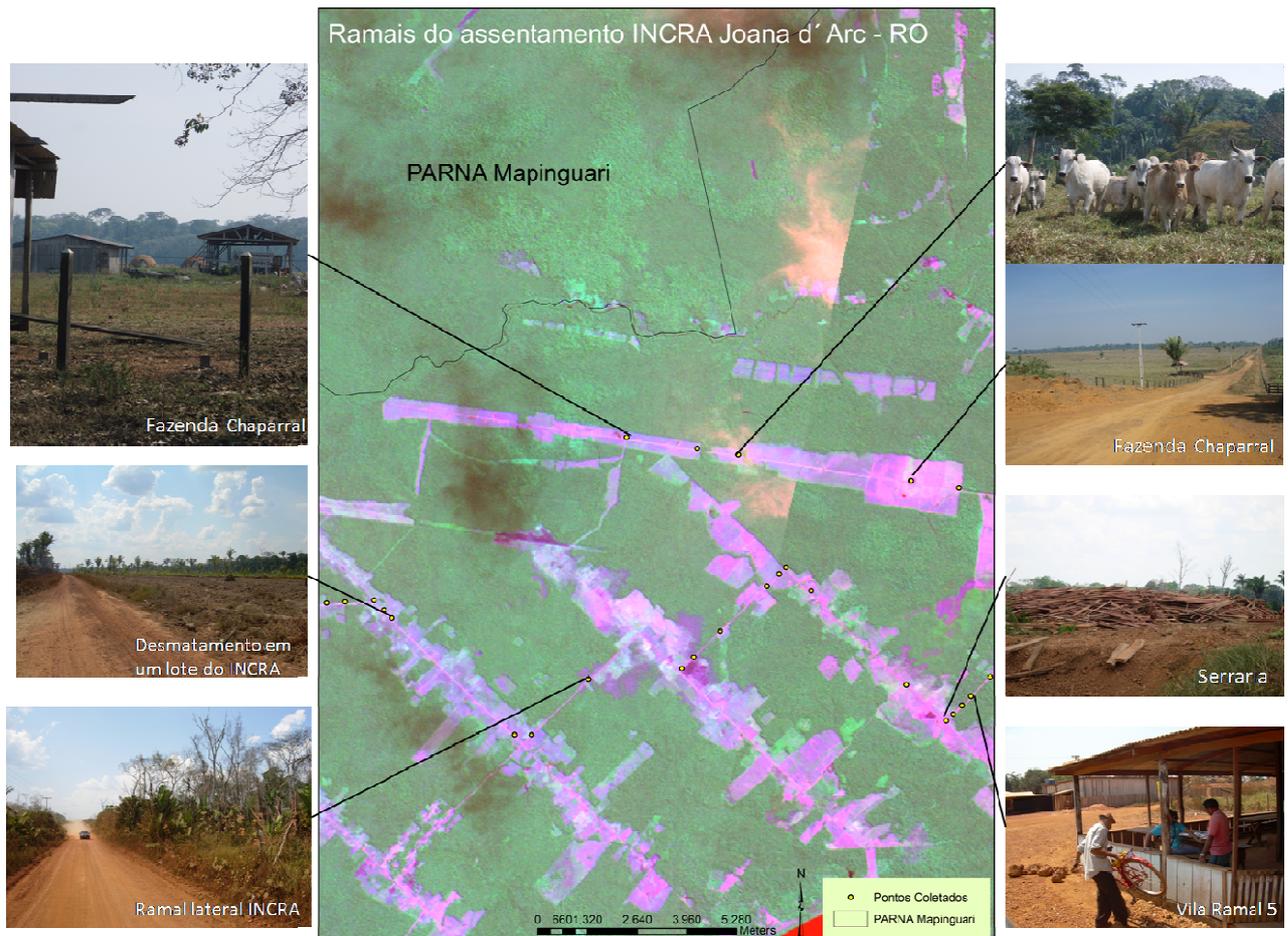


Figura 14. Área do assentamento do INCRA Joana d'Arc visitada em Agosto de 2008, imagem de satélite Landsat-TM com composição colorida R(5), G(4), B(3) do 17/07/2008. Dos lados, são apresentadas fotografias tomadas em campo representando as principais atividades do ramal: pecuária, exploração madeireira e agricultura.

Segundo entrevistas informais com moradores locais, essa área desenvolveu-se rapidamente. O programa “luz para todos” do governo federal permitiu a instalação de rede elétrica na parte rondoniense, em 2006, sinal de progresso e de desenvolvimento da região. Na parte rondoniense, os ramais mesmo não sendo asfaltados são bem transitáveis, pois, foram melhorados pela cobertura de cascalho. O lado amazonense é menos desenvolvido, não tem

ainda energia e os ramais de “terra batida” são de difícil trafegabilidade. Os colonos que ocupam terras no Estado do Amazonas relatam que não irão aproveitar das melhorias do assentamento Joana d’Arc. Todos ocupantes da parte amazonense estão esperando melhorias que deveriam segundo eles ser fornecidas pelo governo do Amazonas ou pela prefeitura de Canutama. O parque do Mapinguari foi recentemente criado no lado amazonense (Figuras 13 e 14). Um dos seus limites está próximo desse assentamento. Dois grandes ramais estão dentro dos limites do novo Parque: os Ramais do PROSAM e do PROTERRA. Foi visitada parte do Ramal do PROSAM. Esses dois ramais, que já têm mais de 10 anos, são muito compridos e atingem vários quilômetros dentro do parque (até 80 km).

A presença de ramais e áreas de ocupação perto e dentro do parque demonstra um nível de pressão antrópica crítico que poderá conduzir ao aumento das taxas de desmatamento dentro do recém criado parque nacional. A maioria das pessoas que residem dentro do novo parque desconhece os seus limites exatos. Estes não querem deixar as áreas ocupadas enquanto a justiça não decidir se os moradores serão remunerados ou se os limites mudarão. Próximo aos limites do parque, encontramos colonos que removem a cobertura florestal para desenvolver agricultura de subsistência ou familiar. A partir de entrevistas informais com os moradores, podemos perceber que o número de migrantes tende a aumentar dentro desses ramais. Se o ritmo atual continuar, a pressão exercida na região de amortecimento do parque poderá aumentar e carrear o desmatamento para dentro do próprio parque. Segundo um dono de restaurante localizado no assentamento, a dinâmica do desmatamento dessa região poderá acelerar em decorrência das construções de duas barragens para usinas hidrelétricas previstas na região: as barragens do Jirau e de São Antônio. Segundo ele, essas construções conduzirão a um melhoramento da rede de estradas (asfaltamento) e, ao mesmo tempo, muitos trabalhadores poderão chegar à região e ocupar terras vizinhas, o que poderá aumentar as taxas de desmatamento. Está prevista a chegada de cerca de 100 mil operários para trabalharem na construção dessas represas (Fearnside e Graça, 2006).

Calibração- Efeito das variáveis proximais sobre o desmatamento

Na parte de calibração do modelo, foram calculados os pesos de evidência que representam o efeito das variáveis espaciais no desmatamento (Material e Métodos). Os pesos de evidência calculados para a região de Samuel foram utilizados para a simulação do desmatamento em Lábrea. Os pesos de evidência das áreas protegidas foram calculados em uma área maior (Capítulo I), o que permitiu distinguir pesos de evidência para categorias de uso das áreas protegidas e para categorias de uso associadas ao nível administrativo. Para

calcular os pesos de evidência, consideramos as seguintes variáveis: distância ao desmatamento, distância às estradas asfaltadas, distância às estradas não pavimentadas, distância aos assentamentos do INCRA, tipo de solos, vegetação, distância aos rios, declividade e altitude. Primeiramente, foi aplicado às variáveis um teste de independência, avaliada pelo índice de correlação de *Cramer* dentro de um modelo desenvolvido no programa DINAMICA-EGO. A única variável que foi retirada antes da análise dos pesos de evidência foi a distância aos rios principais.

Distância ao desmatamento

Quanto maior a distância ao desmatamento, menor a probabilidade de ocorrer futuros desmatamentos. Entre 1.000 e 1.500 m, a probabilidade passa a ser negativa, ou seja, nessa faixa, a distância não tem mais efeito no desmatamento. Assim, verificamos um efeito positivo em relação à chance de desmatar futuramente em distâncias próximas de áreas desmatadas (Figura15).

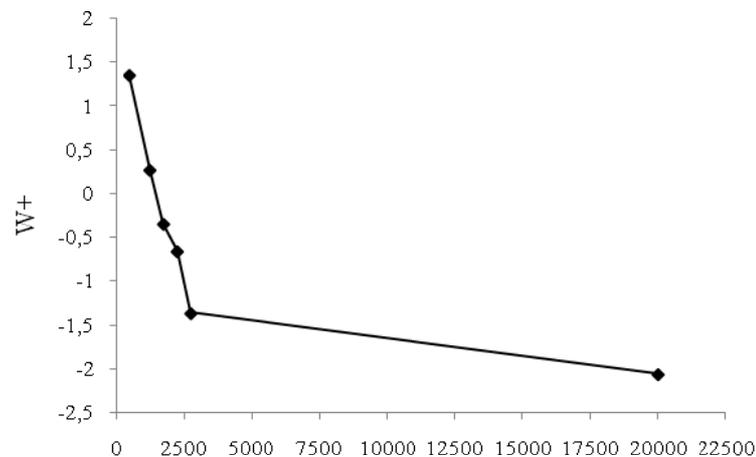


Figura 15. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em função da distância a uma área já desmatada, representada pelos pesos de evidência (*Weights of Evidence* - W+).

Distância às estradas não asfaltadas e asfaltadas

Como vários autores sugerem, a proximidade às estradas aumenta a probabilidade de ocorrer desmatamento (Ferreira, 2001; Nepstad et al., 2001; Souza et al., 2004; Ferreira et al., 2005). Essas suposições foram confirmadas em campo, aonde se observou muito desmatamento ao redor das estradas. Observamos mais desmatamento ao redor das estradas pavimentadas do que àquelas não pavimentadas. Na Figura 16, observa-se que a distância às

estradas asfaltadas continua ter um efeito positivo até 22 km aproximadamente, enquanto, as estradas não asfaltadas têm uma influência positiva até uma distância de quase 5 km, inferior às primeiras. As melhores condições de tráfego das estradas asfaltadas favorecem migrações e instalação das pessoas ao redor das estradas, tanto para facilitar o transporte de produtos, tanto para melhorar a vida dos moradores, com um melhor acesso aos serviços oferecidos pelas cidades vizinhas.

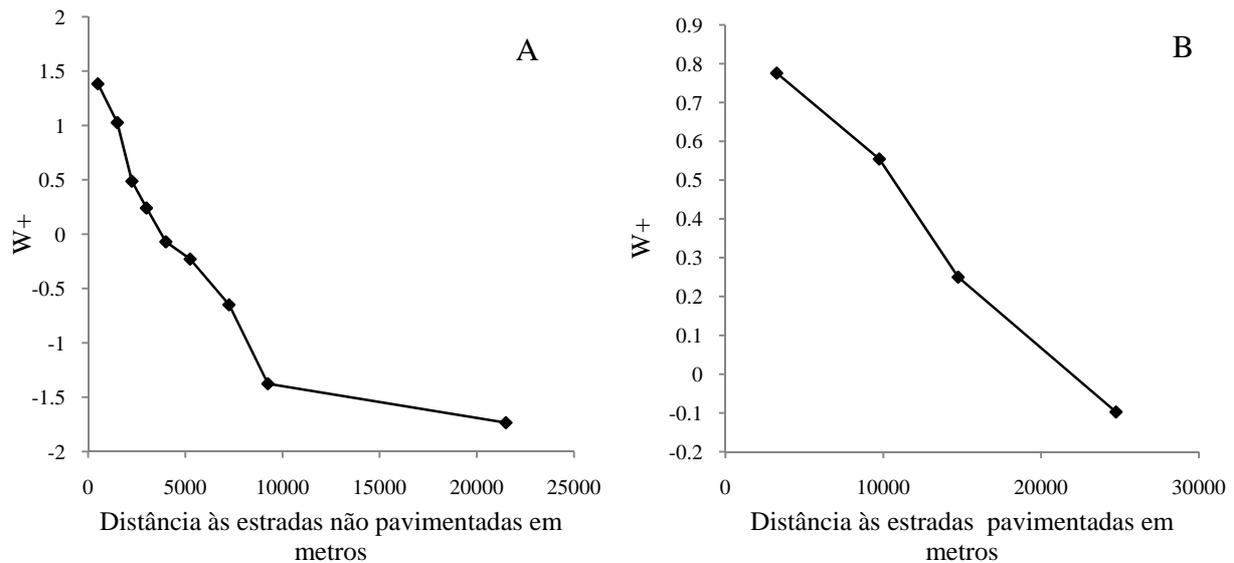


Figura 16. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em função da distância às estradas não pavimentadas, representada pelos pesos de evidência (*Weights of Evidence* - $W+$) (A). Probabilidade de ocorrência de desmatamento em função da distância às estradas pavimentadas, representada pelos pesos de evidência (*Weights of Evidence* - $W+$) (B).

Distância aos assentamentos do INCRA

Uma variável importante de se avaliar é a distância até aos assentamentos do INCRA, uma vez que os assentamentos podem promover desmatamento nas circunvizinhanças, geralmente devido às invasões em terras públicas nas suas proximidades. Como indica a Figura 17, até uma distância de 15 km, os assentamentos podem ter um efeito positivo na ocorrência de desmatamento. Após essa distância, o peso de evidência torna-se negativo, apresentando, assim, uma influência negativa no desmatamento.

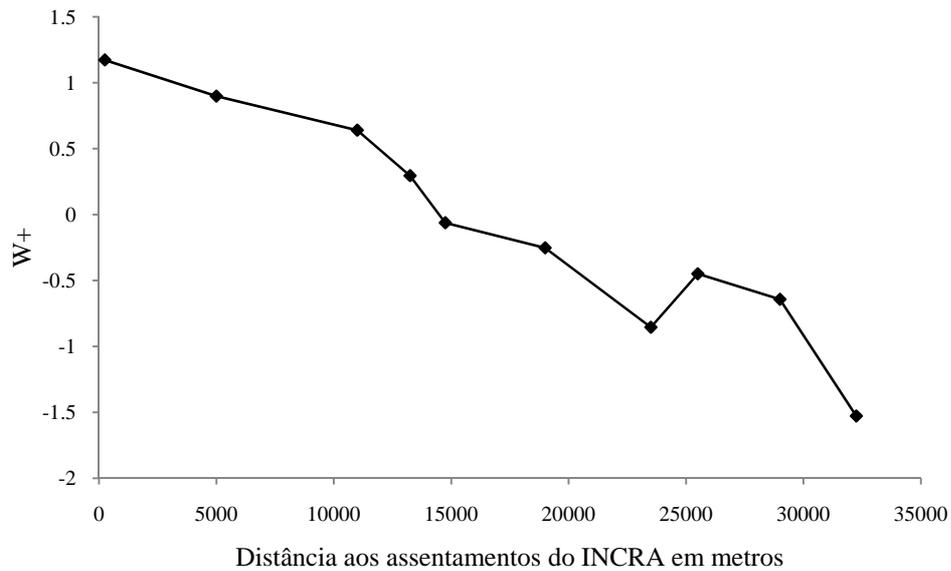


Figura 17. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em função da distância aos assentamentos do INCRA, representada pelos pesos de evidência (*Weights of Evidence* - W+).

Declividade

Na Figura 18, observa-se que o peso de evidência que representa a probabilidade de ocorrência do desmatamento em relação à declividade tende a aumentar até 1,5 graus e depois decair até 4 graus.

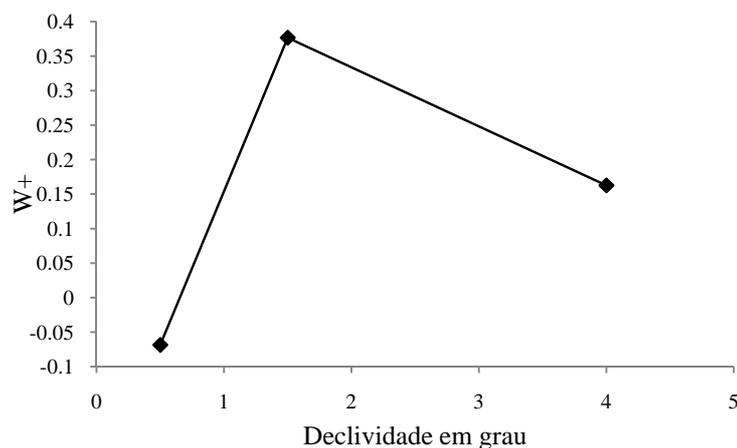
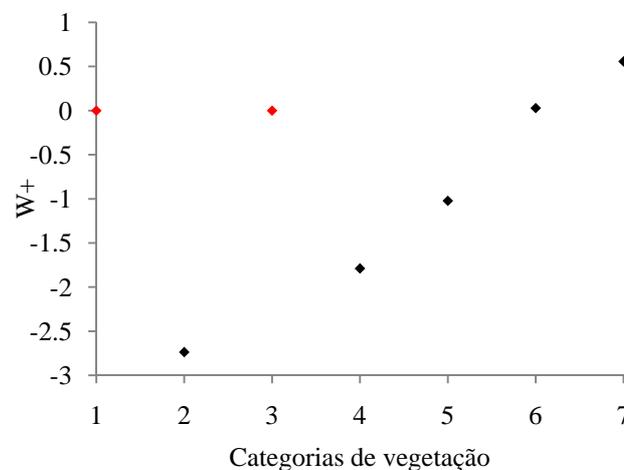


Figura 18. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em relação ao grau de declividade representada pelos pesos de evidência (*Weights of Evidence* - W+).

Tipo de vegetação

Foram calculados os pesos de evidência para sete categorias de vegetação, considerando as classes fito-ecológicas do IBGE (2007). Na Figura 19, pode-se observar que a categoria 7

ou seja, a floresta ombrófila aberta dominada por cipós é a mais desmatada nessa região de calibração, apresentando um peso de evidência de 0,67. Esses resultados parecem corresponder à realidade, pois, as florestas ombrófilas são aquelas que abrigam espécies de alto valor comercial com grande demanda do mercado. Nessa região, a grande ocorrência dessa categoria de vegetação tem aumentado sua exploração. Geralmente, a atividade madeireira é a primeira atividade associada ao desmatamento, facilitando o acesso a áreas remotas de florestas por grileiros.



- 1 Savana arborizada ou parque
- 2 Sucessão primária (pioneira), influência fluvial, herbácea, aluvial
- 3 Sucessão primária (pioneira), influência fluvial, arbustiva, aluvial
- 4 Floresta ombrófila densa de terras baixas ou submontanas
- 5 Floresta ombrófila densa aluvial
- 6 Floresta ombrófila aberta dominada por palmeiras de grande porte de terras baixas ou submontanas
- 7 Floresta ombrófila aberta dominada por cipós de terras baixas ou submontanhas

Figura 19. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em relação às classes de vegetação 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.

Tipo de solo

Da mesma maneira do que para as categorias de vegetação, foram calculados os pesos de evidência para as classes de solo. Os mapas de solo foram confeccionados a partir dos dados do IBGE (2007). Foram utilizadas nove classes como observado na legenda da Figura 20. Para quatro classes, os resultados não foram significativos. A classe que apresenta o maior peso de evidência e o único peso de evidência positivo é a classe Latossolos, com um valor de

0,08. Para as outras classes de solos, os pesos são negativos, ou seja, apresentam certo grau de repulsão ao desmatamento. Os Neossolos são os solos menos associados ao desmatamento.

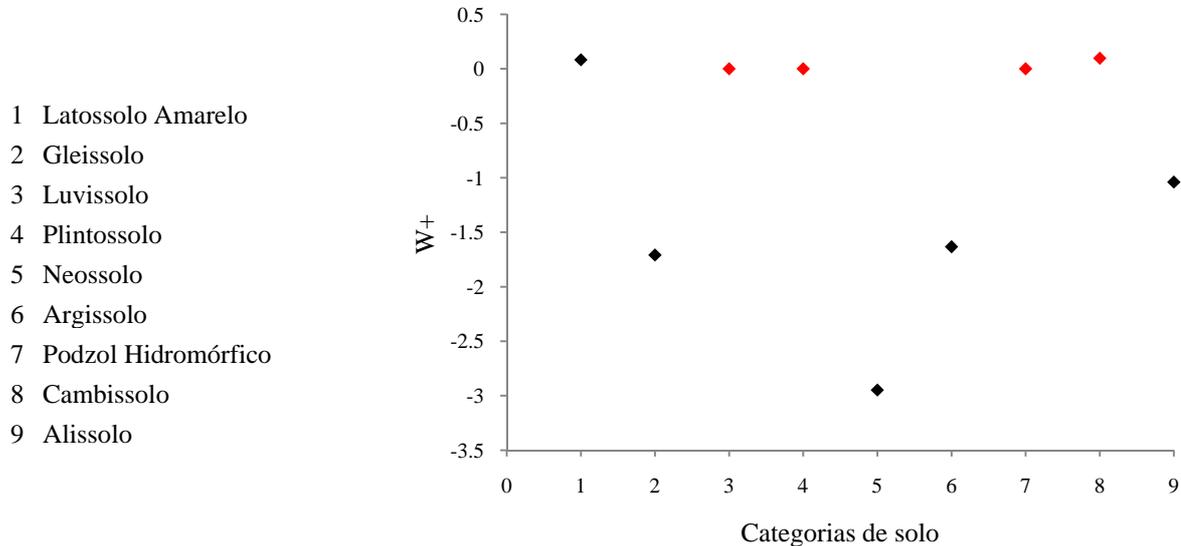


Figura 20. Probabilidade de ocorrência de desmatamento em relação às classes de solo representada pelos pesos de evidência (*Weights of Evidence* - $W+$). Em vermelho, aparecem os pontos que não foram significativos no cálculo dos pesos de evidência no modelo.

Calibração- Taxa de transição entre 2004 e 2007

Foram calculadas as taxas de transição na área de calibração, ou seja, as taxas líquidas de transição entre as diferentes classes de cobertura/uso da terra (Floresta, Regeneração e Desmatamento) entre 2004 e 2007. A taxa de desmatamento foi de 0,015 e foi aplicada em entrada para cada ano da simulação. A taxa de *clearing* foi de 0,001 e a taxa de regeneração foi de 0,0001.

Validação do modelo

Para validar o modelo aplicado à região de Lábrea, foi simulado um cenário BAU (*Business As Usual*) entre 2004 e 2006 sem considerar as áreas protegidas recém criadas. Em 2006, comparamos o mapa simulado para esse ano e o mapa observado do PRODES. Foi utilizado o método fuzzy modificado (Hagen, 2003). Para isso, foram desenvolvidos dois modelos a partir do programa DINAMICA-EGO. O primeiro modelo calcula as similaridades do mapa simulado e observado a partir de um método fuzzy aplicado a janelas de tamanho crescente, a partir de uma janela de 5x5 até 31x31 células. O segundo calcula as similaridades

a partir do método fuzzy com opção de decaimento exponencial (*exponential decay*). Podemos considerar que valores acima de 50% são aceitáveis, desde que a distribuição espacial do desmatamento nos mapas comparados seja similar (Soares-Filho, comunicação pessoal). Foi obtido um índice de similaridade de 54% (janela de 5x5 células) para o primeiro método e um índice de similaridade de 56% para um tamanho de janela de 7x7 células (resolução espacial de 500 metros) com decaimento exponencial, valores aceitáveis para simular o desmatamento na região de Lábrea até 2040.

A

B

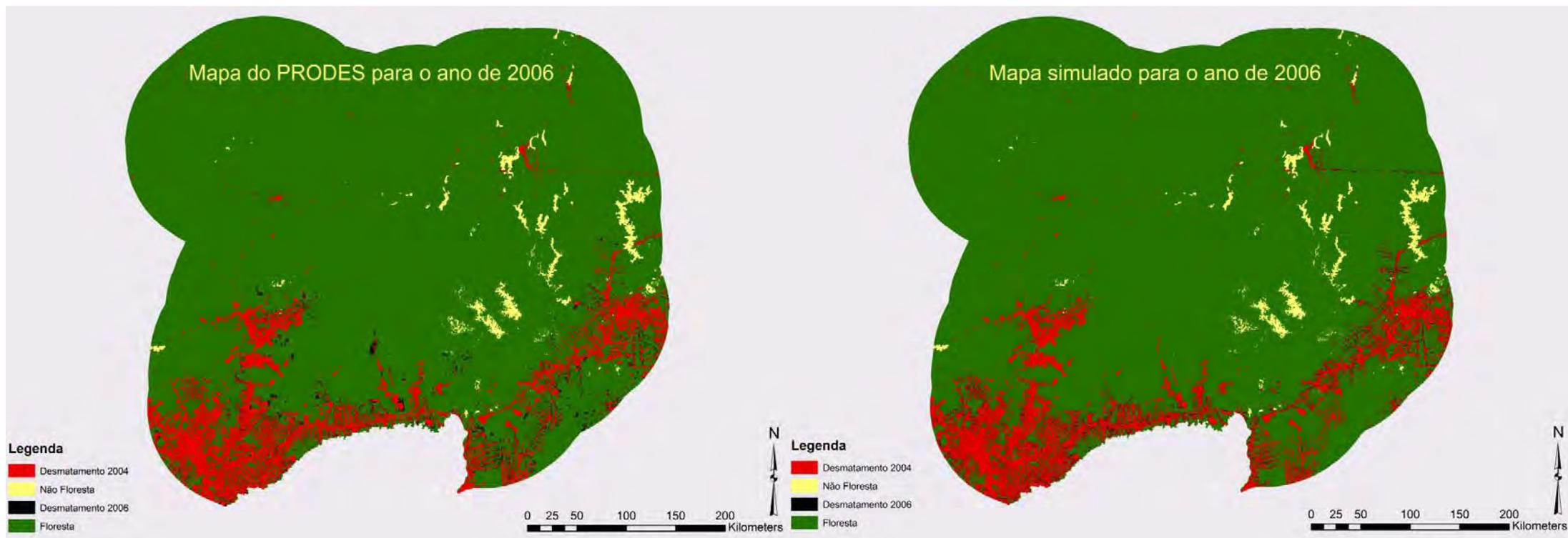


Figura 21. Mapa do PRODES para o ano 2006 (A). Mapa simulado com o AGROECO para 2006 (B).

A evolução do desmatamento do município de Lábrea até 2040, resultados dos cenários aplicados ao modelo AGROECO

Os resultados obtidos para os diversos cenários no ano 2040 diferem de maneira em que as áreas de desmatamento acumulado são diferentes para todos os cenários propostos. O que explica essa variação da área acumulada é que a taxa de desmatamento anual bruta difere no tempo para cada cenário.

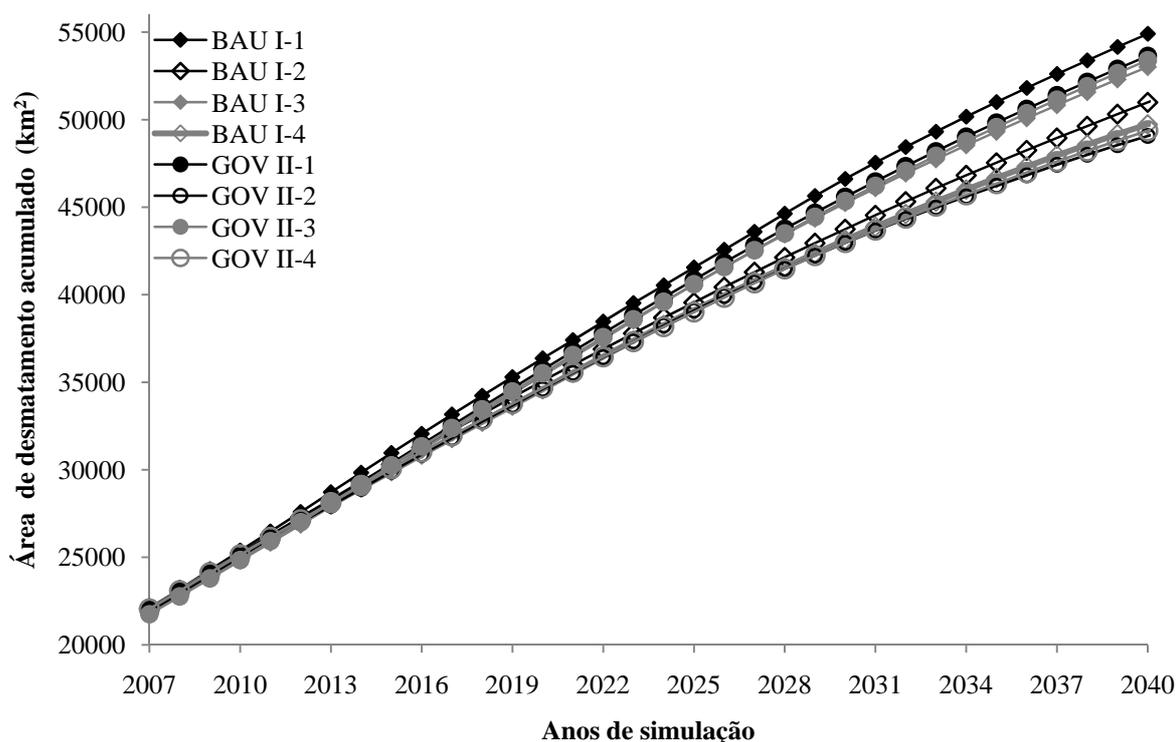


Figura 22. Áreas de desmatamento acumulado em km² evoluindo entre 2007 e 2040 para todos os cenários simulados.

Primeiramente, foi analisado o efeito da criação das áreas protegidas, ou seja, a influência da mudança de política pública no desmatamento futuro da região de Lábrea em 2040, a partir de uma comparação dos resultados obtidos para os cenários em 2040. Posteriormente, foram comparadas as projeções futuras do desmatamento dos diferentes cenários enquanto a parte metodológica desenvolvida neste trabalho que inclui uma distribuição dos pesos de evidência dentro da área protegida e a utilização de pesos de evidência para as áreas de entorno das áreas protegidas.

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

Cenários	Cen-I-1	Cen-II-1	Cen-I-2	Cen-II-2	Cen-I-3	Cen-II-3	Cen-I-4	Cen-II-4
Área desmatada total	57753,7	56306,7	53460,5	50864,5	55699,5	56179,7	51627,5	51470,2

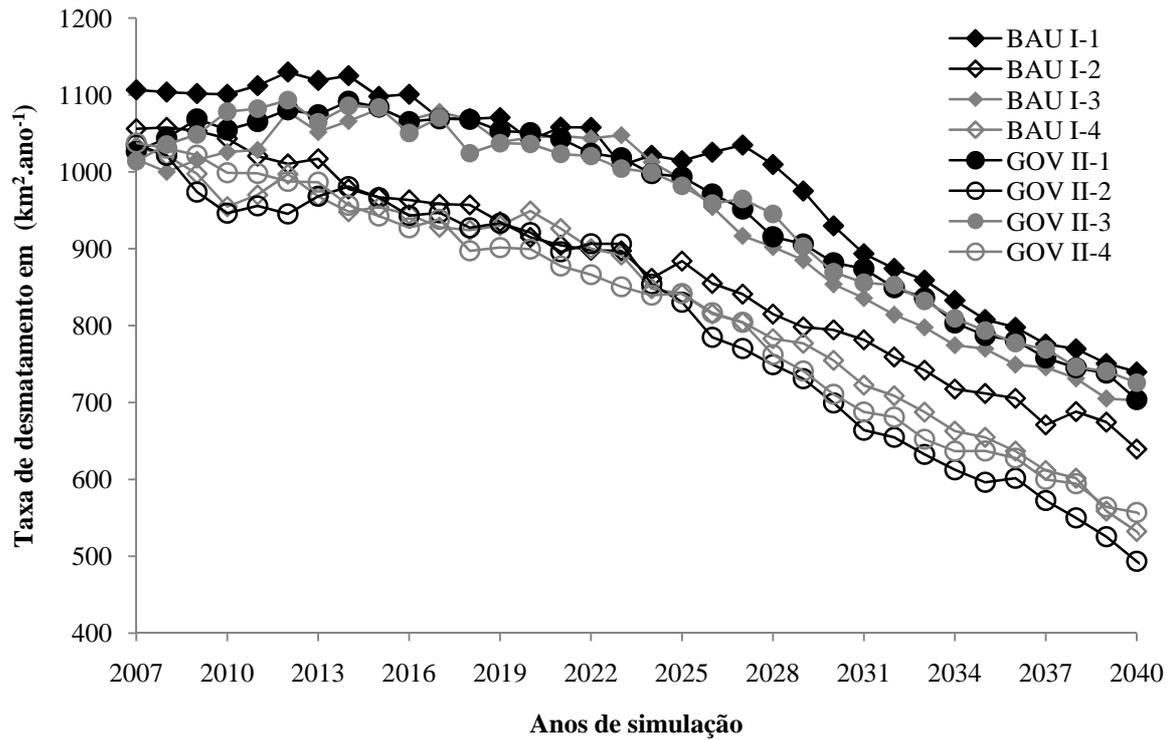


Figura 23. Taxa anual de desmatamento em km². ano⁻¹ evoluindo entre 2007 e 2040 para todos os cenários simulados.

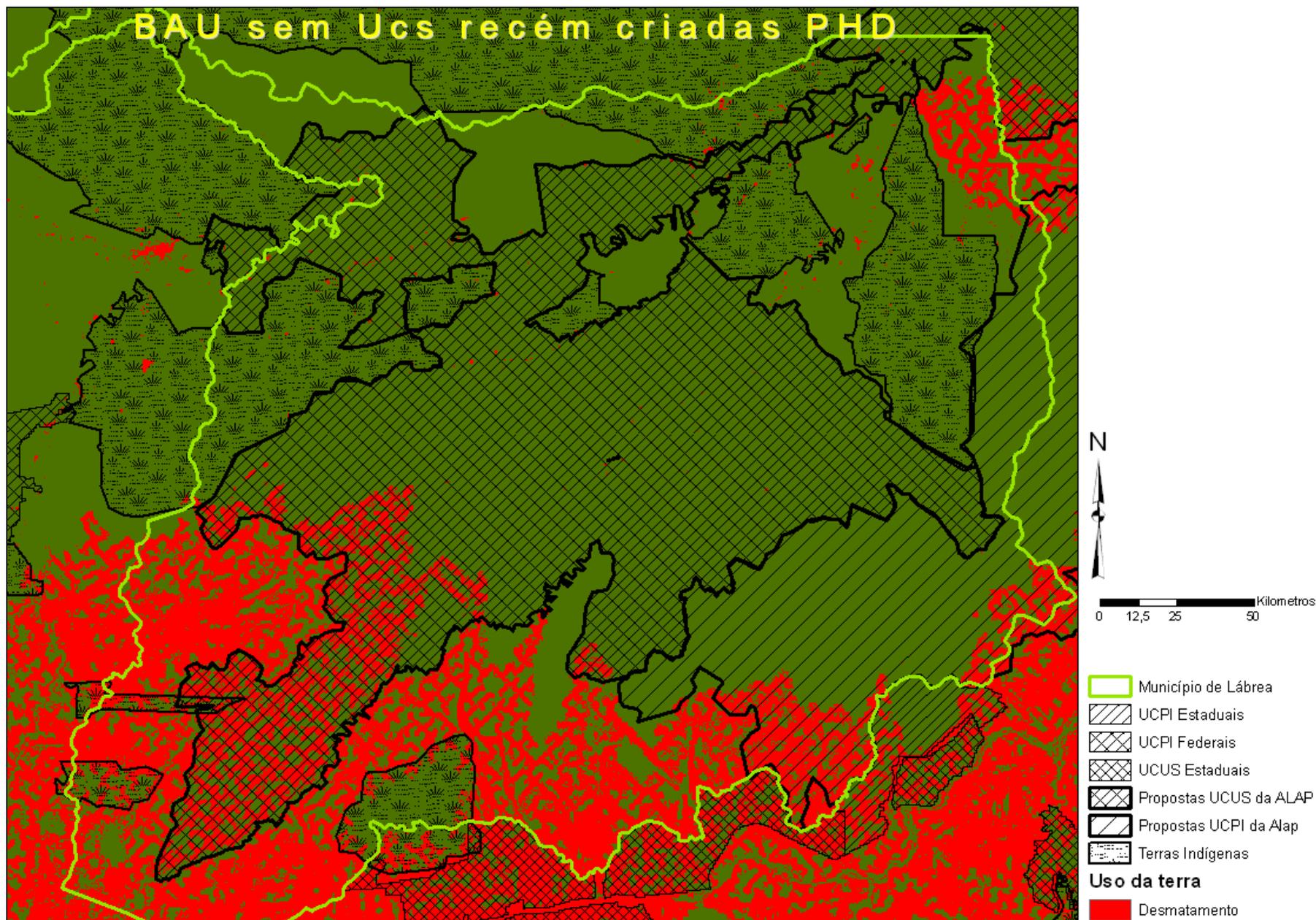


Figura 24. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário BAU-1. Esse cenário considera pesos de evidência homogêneos das áreas protegidas e não considera as áreas protegidas recém criadas.

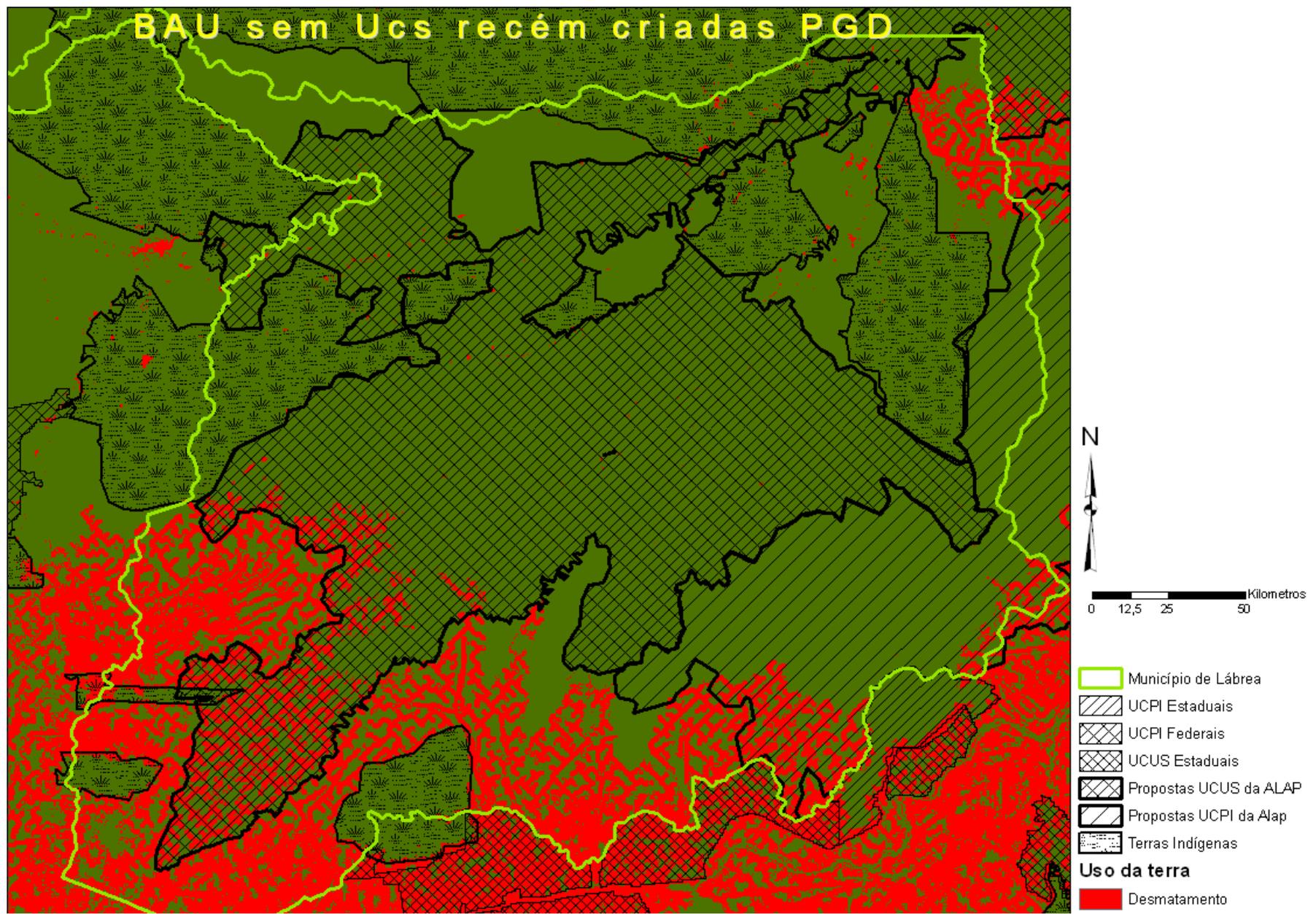


Figura 25. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário BAU-2. Esse cenário considera pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas e não considera as áreas protegidas recém criadas.

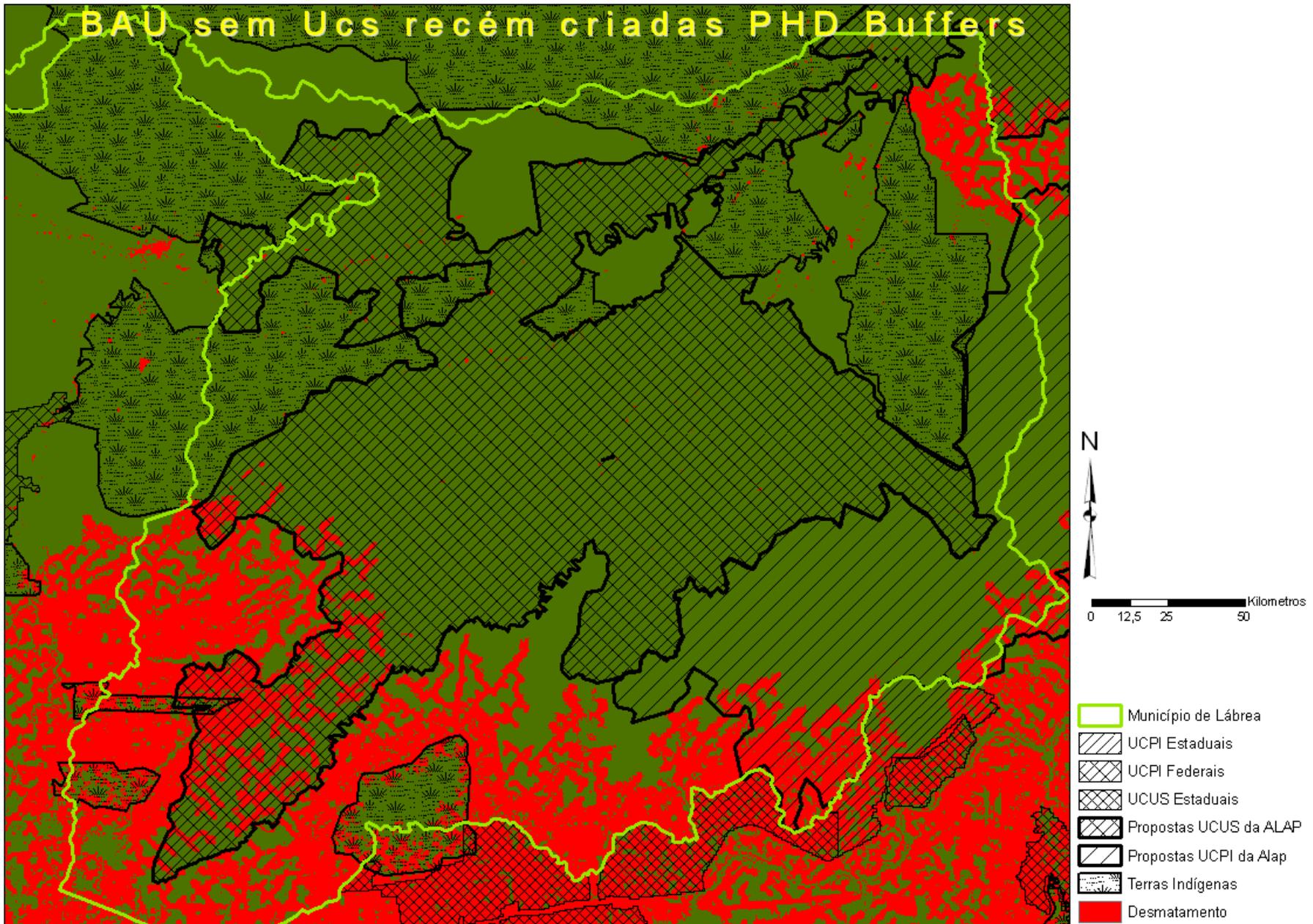


Figura 26. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário BAU-3. Esse cenário considera pesos de evidência homogêneos para áreas protegidas, pesos de evidência das áreas de amortecimento e não considera as áreas protegidas recém criadas.

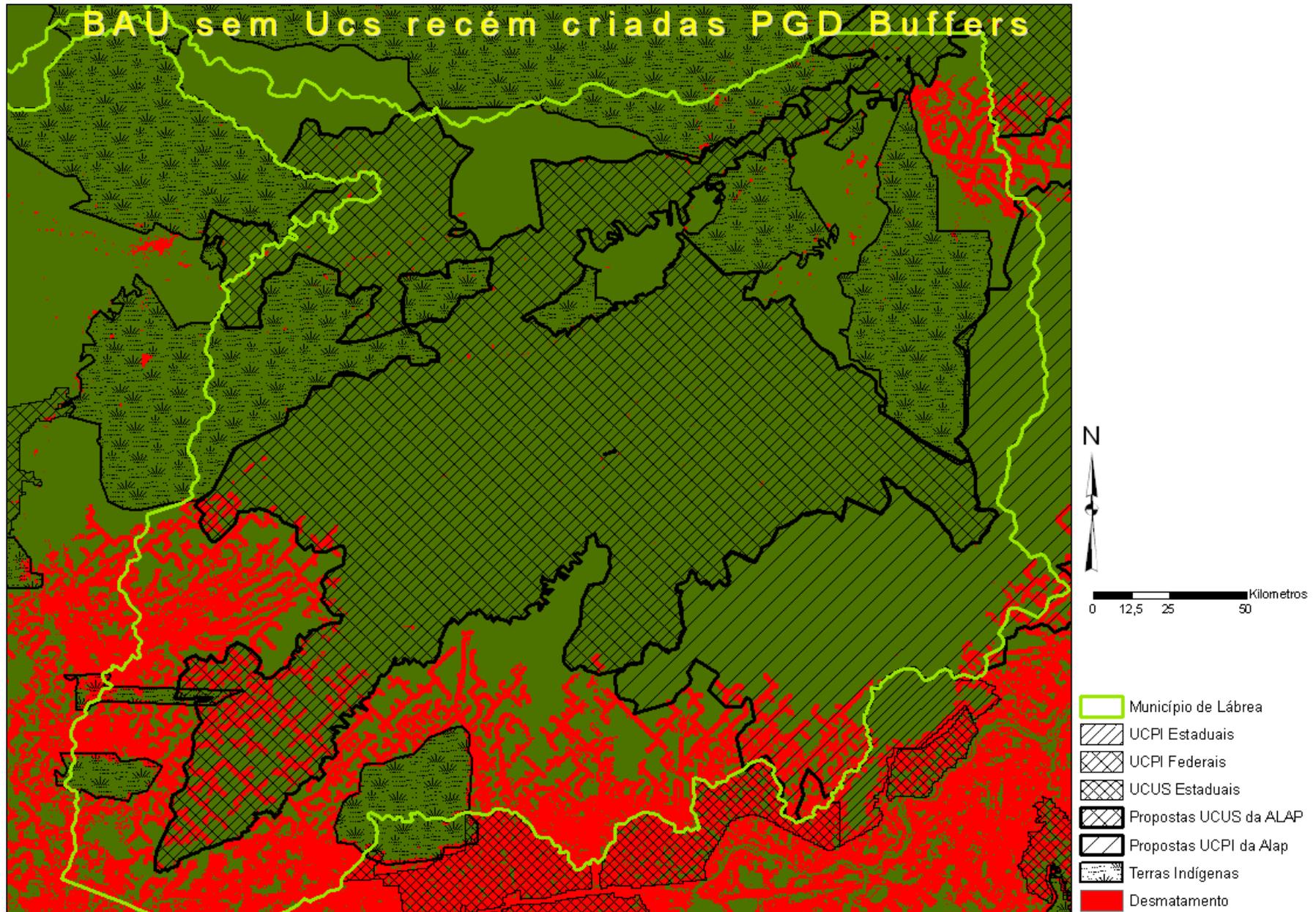


Figura 27. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário BAU-4. Esse cenário considera pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas, pesos de evidência das áreas de amortecimento e não considera as áreas protegidas recém criadas.

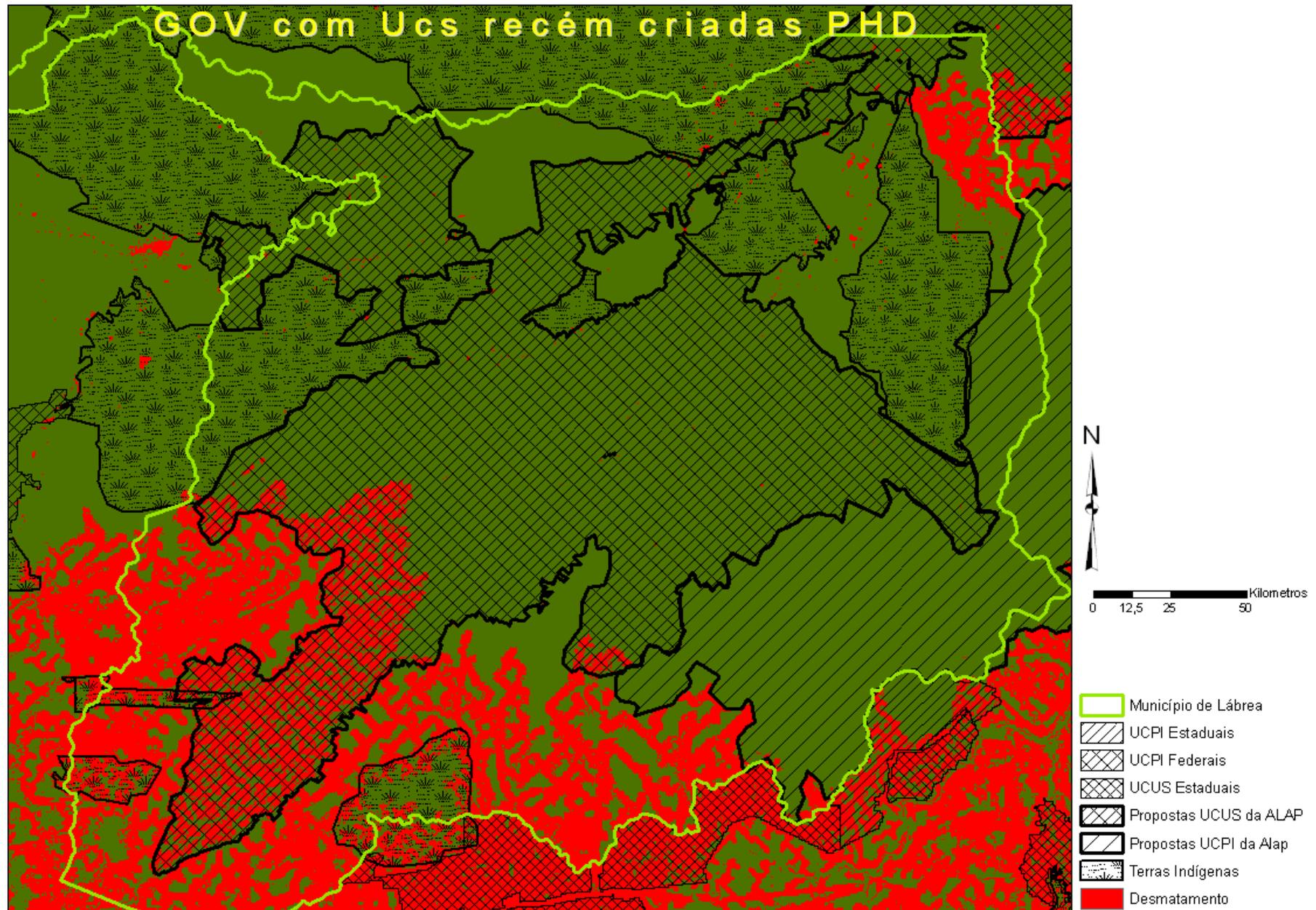


Figura 28. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário GOV-1. Esse cenário considera pesos de evidência homogêneos das áreas protegidas e considera as áreas protegidas recém criadas.

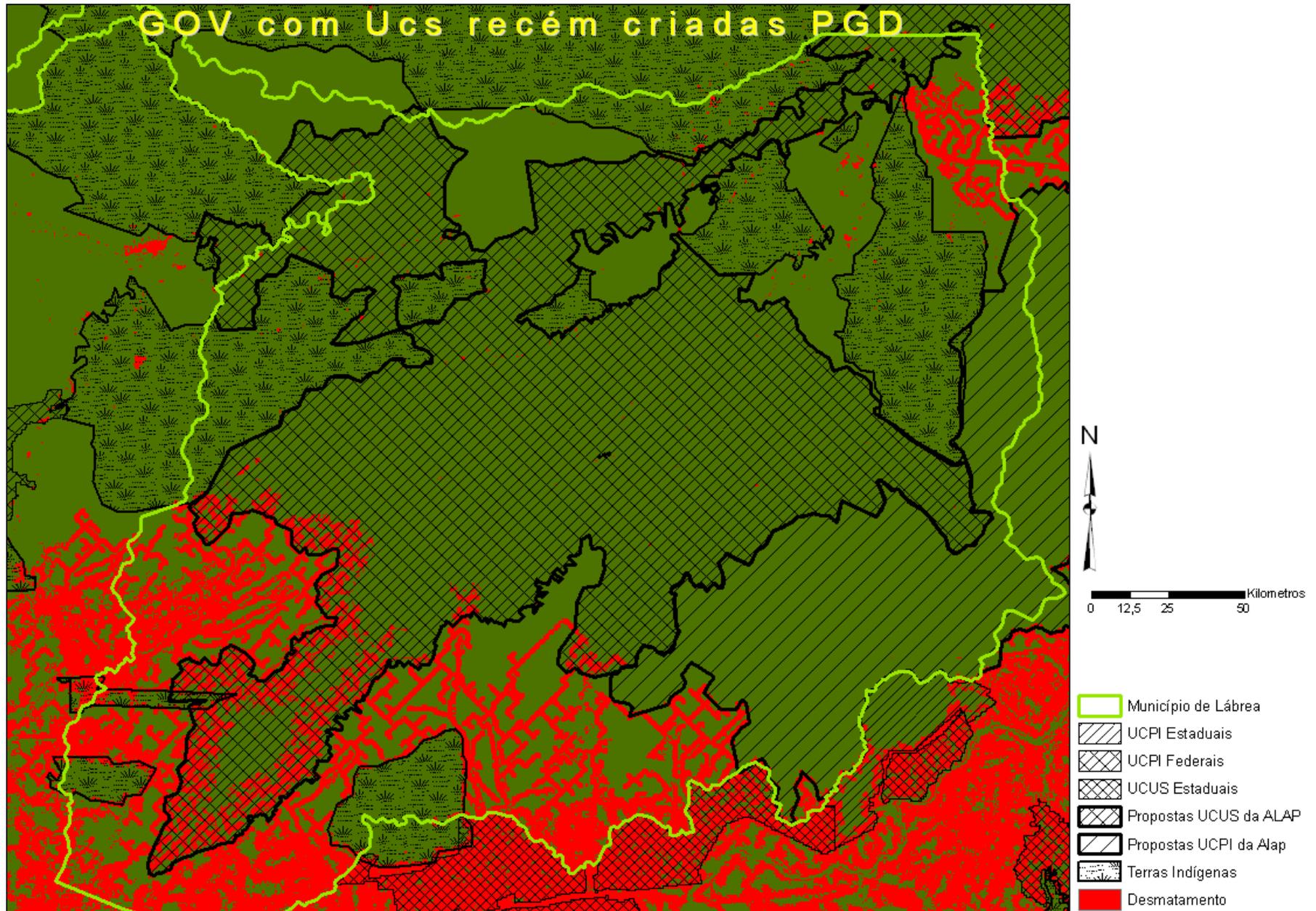


Figura 29. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário GOV-2. Esse cenário considera pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas e considera as áreas protegidas recém criadas.

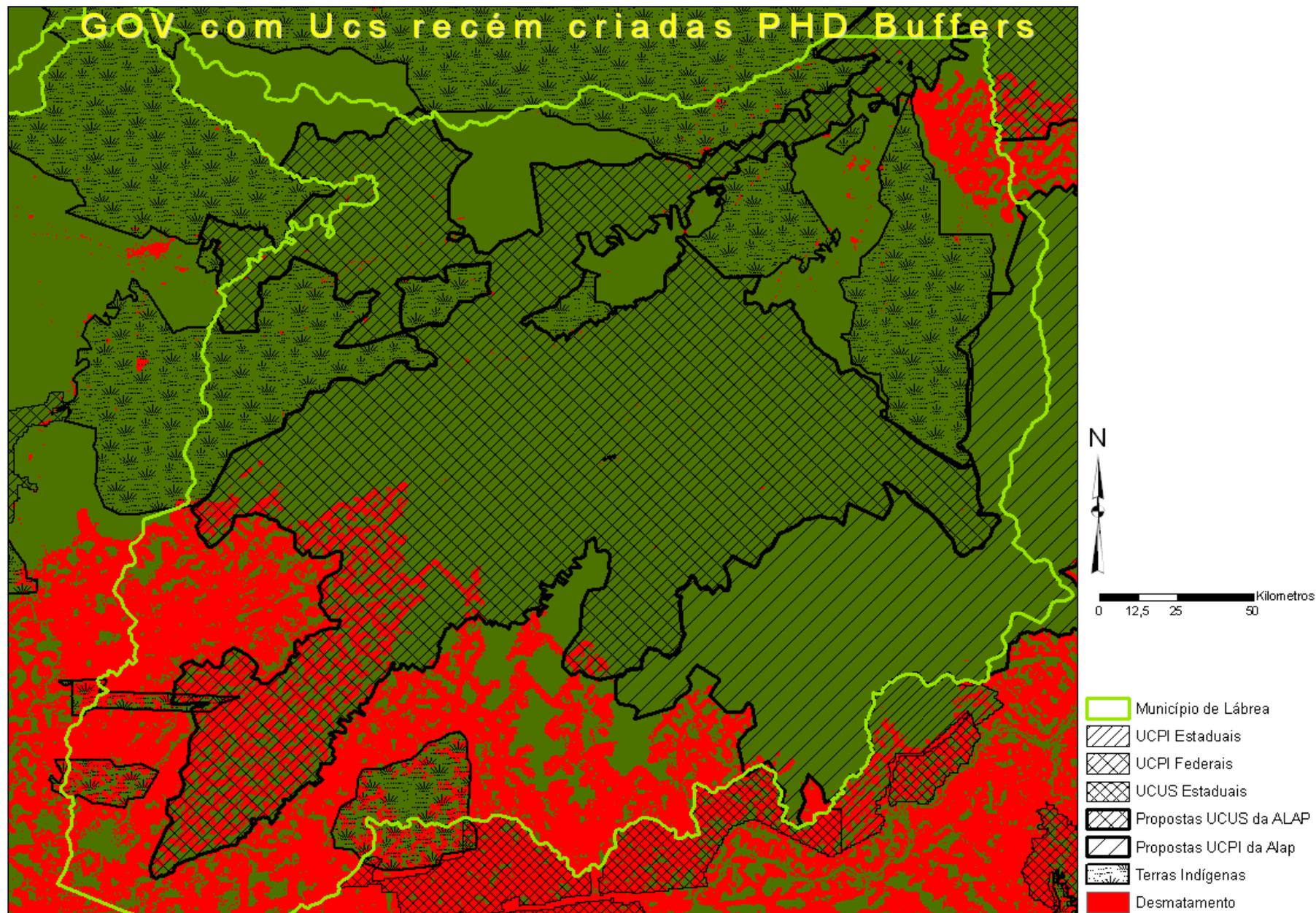


Figura 30. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário GOV-3. Esse cenário considera pesos de evidência homogêneos para áreas protegidas, pesos de evidência das áreas de amortecimento e considera as áreas protegidas recém criadas.

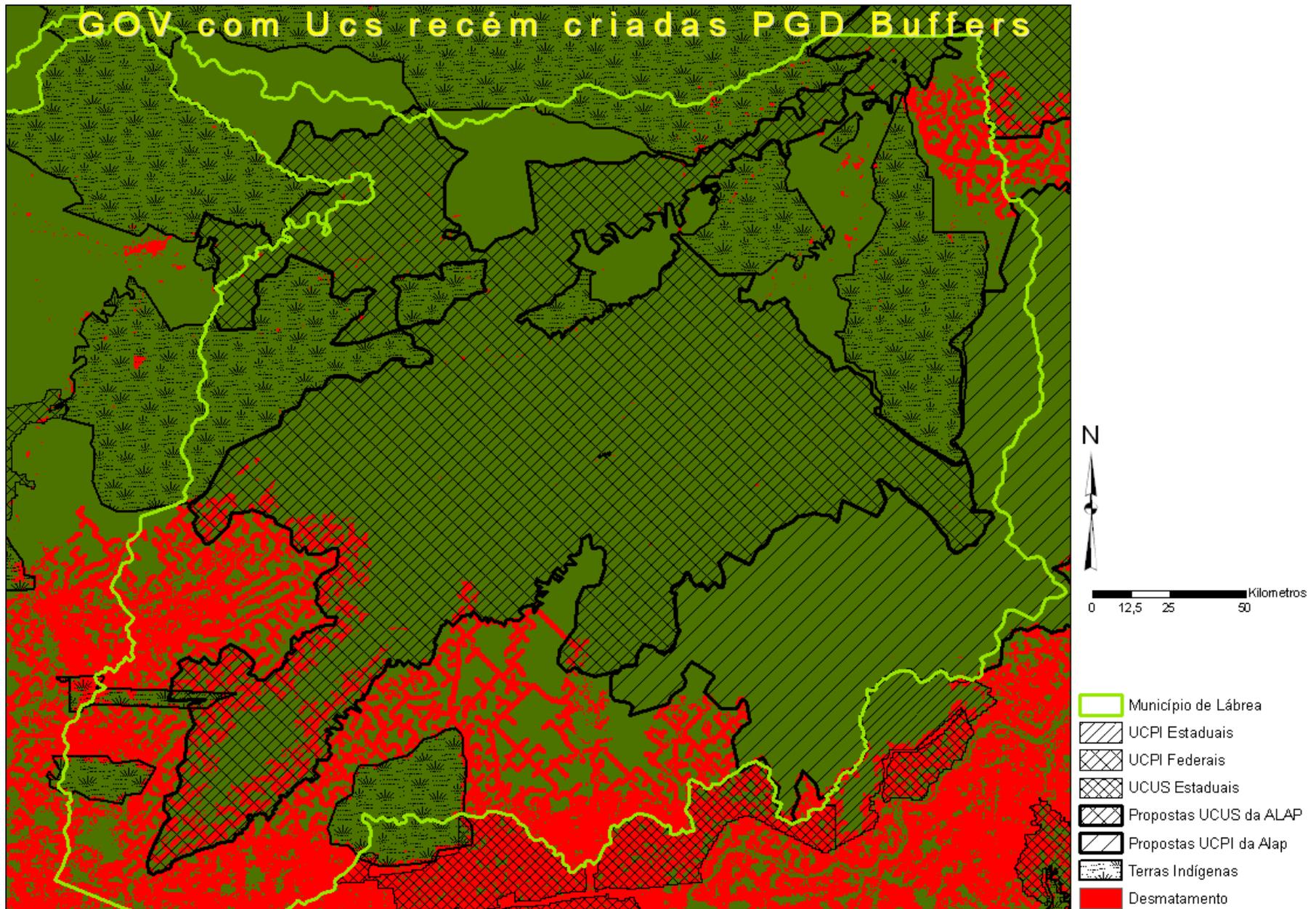


Figura 31. Mapa de uso/cobertura da terra apresentando o desmatamento do município de Lábrea em 2040 do cenário GOV-4. Esse cenário considera pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas, pesos de evidência das áreas de amortecimento e considera as áreas protegidas recém criadas.

Efeito da criação das áreas protegidas da ALAP no desmatamento da região de Lábrea em 2040

Considerando a recente criação das áreas protegidas, que apresentam um tamanho considerável, a porcentagem da área de estudo sob proteção ambiental passou de 38,9 % da área de estudo a 84,7% entre os dois grupos de cenários (Figura 32). A superfície de terras indígenas ficou constante, são as superfícies de unidades de uso sustentável e de proteção integral que aumentaram consideravelmente sendo que somente as unidades federais contribuíram a esse aumento. Também, na área de estudo, o Parque Nacional do Mapinguari foi a única área de proteção integral recém criada. Por outro lado, várias unidades de uso sustentável foram recém criadas.

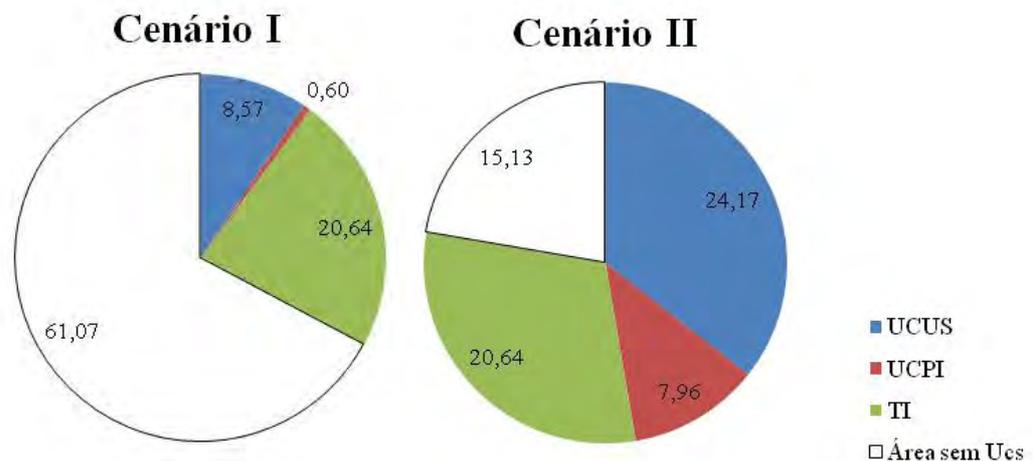


Figura 32. Porcentagem da área de estudo coberta por áreas protegidas segundo o grupo de cenários.

O cenário GOV- 1 que correspondente ao cenário BAU-1 com a criação das recentes áreas protegidas apresentou uma área de desmatamento acumulado total inferior àquela do cenário BAU I-1. A criação das recentes áreas protegidas reduziu a área de desmatamento acumulado em 2,6 % (1.447 km²), considerando a área desmatada do cenário BAU-1. O cenário GOV-2, que incluiu a criação das recentes áreas protegidas, apresentou também uma área desmatada inferior àquela do cenário BAU-2, que não considerou a recente criação das áreas protegidas. Neste caso, a área desmatada foi diminuída em 5,1% (2.596 km²). No caso dos cenários BAU-3 e GOV-3, a área desmatada ficou dessa vez maior no cenário GOV-3 do que no cenário BAU-3, ou seja, a área desmatada ficou maior considerando a criação das áreas protegidas. Entretanto, a diferença entre as áreas de desmatamento acumulado é muito pequena sendo que o cenário GOV-3 apresentou 0,85 % (480 km²) mais desmatamento do

que o cenário BAU-3. Essa diferença parece estar relacionada com o efeito produzido pela combinação das ferramentas metodológicas: pesos de evidência homogêneos com pesos de evidência das áreas de entorno. As áreas de entorno das recentes áreas protegidas teriam atraído o desmatamento nos seus limites e conseqüentemente aumentado o desmatamento em áreas próximas a elas, nas áreas protegidas e áreas fora destas. O efeito metodológico é discutido mais detalhadamente nas próximas seções. O cenário GOV-4, por sua vez, apresenta uma superfície desmatada inferior àquela do cenário BAU-4. Porém, nesse caso, a criação das áreas protegidas foi pouca eficiente, sendo que reduziu a área total de desmatamento acumulado em 0,30 % em relação à área desmatada do cenário BAU-4 (157 km²). Assim, apesar do cenário 3, a criação das quatro áreas protegidas tem diminuído a quantidade de mudanças até 2040 e diminuído a taxa bruta anual de desmatamento (Figuras 22 e 23). Se a taxa bruta foi reduzida com a criação das áreas protegidas, isso explica que a criação teve um efeito positivo na diminuição da taxa de desmatamento. Assim, não houve só um simples deslocamento do desmatamento para outras áreas da área de estudo (efeito de vazamento), entretanto, as recentes áreas protegidas tiveram um leve efeito inibidor ao avanço do desmatamento. Conseqüentemente, uma questão importante é de saber quais foram as trajetórias do desmatamento dentro dos limites das recentes áreas protegidas considerando ou não a sua criação. Com as simulações realizadas, é possível comparar, entre os dois grupos de cenários, a distribuição do desmatamento de 2040 dentro das áreas protegidas recém criadas. A Figura 33 apresenta a quantidade de desmatamento (em km²) dentro dos polígonos das áreas protegidas recém criadas considerando, ou não, a criação dessas últimas. Os cenários do primeiro grupo (*Business As Usual*) apresentaram quantidades de desmatamento acumulado dentro das áreas protegidas recém criadas superiores àquelas obtidas para os cenários do segundo grupo (*Governança*). A quantidade total é a soma do desmatamento dentro dos polígonos das unidades de uso sustentável e de proteção integral. No grupo *Business As Usual*, as áreas desmatadas eram maiores dentro da unidade de proteção integral do que dentro das unidades de uso sustentável. Quando são consideradas as áreas protegidas recém criadas, nos cenários de *Governança*, a área desmatada aumentou dentro das unidades de uso sustentável e diminuiu consideravelmente dentro da unidade de proteção integral. Assim, com a recente criação das áreas protegidas, uma parte do desmatamento que ocorria dentro da unidade de proteção integral se deslocou para dentro das unidades de uso sustentável.

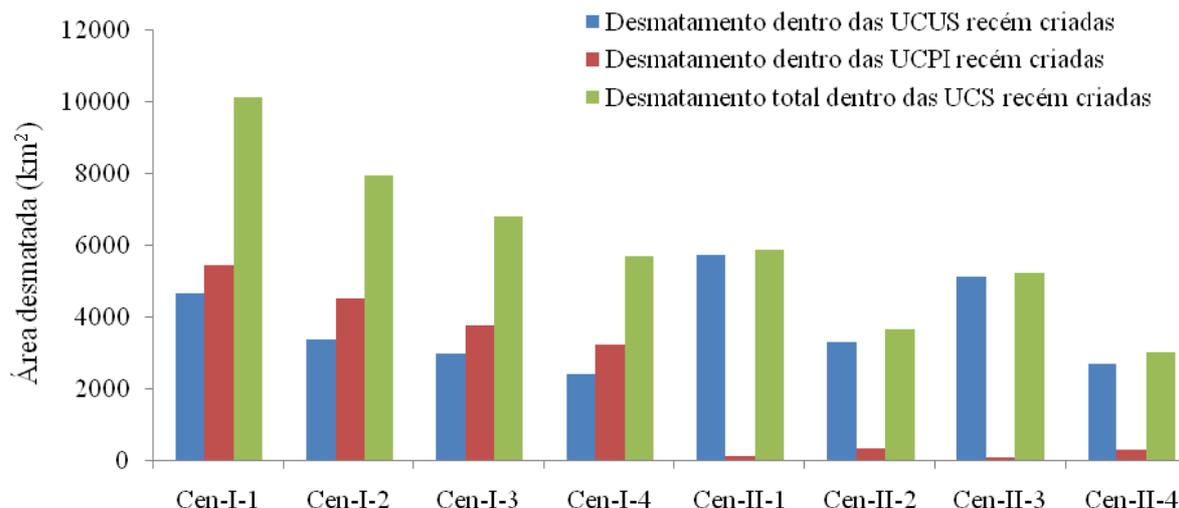


Figura 33. Área desmatada (em km²) em 2040 dentro dos limites das unidades de conservação recém criadas: dentro das unidades de uso sustentável e dentro da unidade de proteção integral. Os cenários do grupo I (*Business As Usual*) não consideram a recente criação das áreas protegidas e os cenários do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

A diminuição do desmatamento dentro da unidade de proteção integral representa a diminuição do desmatamento dentro do Parque Nacional do Mapinguari (Figuras 24 até 31). A diminuição da área desmatada pode ser explicada pela alta resistência do novo Parque Nacional ao avanço do desmatamento dentro dos seus limites. Conforme os pesos de evidência encontrados em áreas adjacentes, as unidades de proteção integral federais foram as mais resistentes ao desmatamento (peso evidência de -4,45, e pesos declinando abruptamente com a distância euclidiana interna, ver Capítulo I). Nessa modelagem, o desmatamento tende a se localizar em células de maior probabilidade de ocorrência de desmatamento. As unidades de uso sustentável, por exemplo, são mais vulneráveis ao avanço do desmatamento dentro dos seus limites do que àquelas de proteção integral. Dessa forma, o desmatamento que ocorria dentro do Parque Nacional do Mapinguari, sem considerar a sua criação, se deslocou dentro das unidades de uso sustentável como é o caso da Floresta Nacional do Iquiri e a Reserva Extrativista do Ituxi quando foi considerada a sua criação.

Quando foi considerada a recente criação das áreas protegidas da ALAP, o percentual de área desmatada dentro das áreas protegidas diminuiu. Entretanto, o percentual do desmatamento total (da área de estudo) aumentou dentro das áreas protegidas (Figura 34).

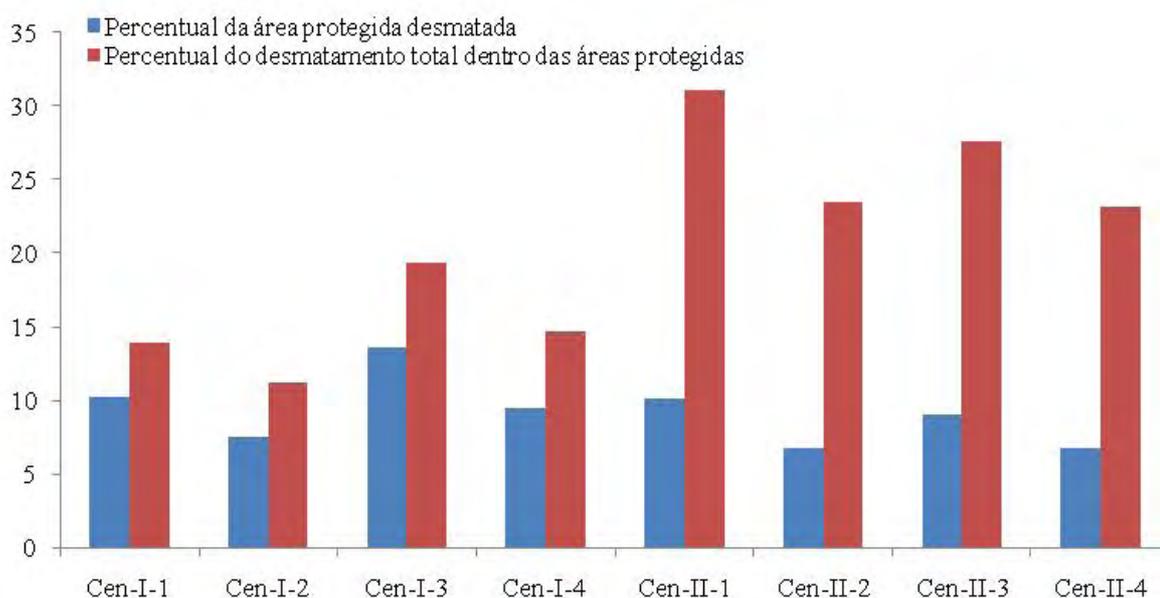


Figura 34. Percentual de área desmatada das áreas protegidas (azul) e percentual do desmatamento total (da área de estudo) dentro das áreas protegidas (vermelho) em 2040.

O que explica esse fenômeno é que a superfície de áreas protegidas aumentou consideravelmente entre os dois grupos de cenários (Figura 32) o que reduziu as áreas livres disponíveis para serem desmatadas, passando de 61 % da área de estudo a 15 %. Assim nos cenários do grupo *Governança*, o desmatamento teve a tendência de ocorrer em áreas protegidas porque havia menos áreas livres sem proteção na área de estudo, o que aumentou o percentual do desmatamento total dentro das áreas protegidas.

Em síntese, a criação das áreas protegidas foi pouca eficiente na medida em que reduziu levemente a quantidade total de desmatamento acumulado em 2040 da área de estudo e também. Portanto, houve um deslocamento do desmatamento, mas não houve vazamento, uma vez que a área desmatada total diminuiu no segundo grupo de cenários.

Influência da distribuição dos pesos de evidência dentro das áreas protegidas e da utilização de pesos específicos às áreas de amortecimento no desmatamento da região de Lábrea em 2040.

Ao contrário da dupla de cenários 1 (BAU-1 e GOV-1), os cenários BAU-2 e GOV-2 utilizaram pesos de evidência gradualmente distribuídos em relação à distância euclidiana interna das áreas protegidas. Em média, de 57.030 km² desmatados para a primeira dupla de cenários, passou a 52.162 km² na segunda dupla de cenários. Mais precisamente, comparado ao cenário BAU-1, a área desmatada em 2040 do cenário BAU-2 diminuiu em 7,43 % (4.293

km²). Quando comparado ao cenário GOV-1, a área desmatada em 2040 do cenário GOV-2 diminuiu em 9,67 % (5.442 km²). Considerando um efeito inibidor ao desmatamento evoluindo com a distância interna das áreas protegidas, houve uma diminuição da área desmatada total, assim como, uma diminuição das taxas brutas anuais de desmatamento em comparação da primeira dupla de cenários que incluíam pesos de evidência homogeneamente distribuídos.

Os cenários 3 e 4 dos dois grupos de cenários (BAU-3, GOV-3, BAU-4 e GOV-4) consideraram pesos de evidência específicos para as áreas de amortecimento (áreas de entorno de 10 km ao redor das áreas protegidas), e isso foi feito para categorias de uso associadas à esfera administrativa. Entre estes cenários, os cenários BAU-3 e GOV-3, além de considerar pesos de evidência específicos para as áreas de amortecimento, utilizaram pesos de evidência homogeneamente distribuídos nas áreas protegidas. A área de desmatamento acumulado obtida para essa dupla de cenários foi inferior àquela obtida para a dupla de cenários BAU-1 e GOV-1 (57.030 km²) com uma média de 55.939 km². O cenário BAU-3 apresentou uma redução de 3,56% (2.054 km²) da sua área desmatada em 2040 em relação àquela obtida para o cenário BAU-1. Comparado ao cenário GOV-1, a área desmatada em 2040 do cenário GOV-3 foi reduzida em 0,23% (127 km²). Assim, considerando os pesos de evidência das áreas de entorno e pesos de evidência homogêneos nas áreas protegidas, houve uma leve diminuição do desmatamento acumulado em 2040 em relação à simples consideração de pesos de evidência homogêneos. Finalmente, os cenários BAU-4 e GOV-4 utilizaram pesos de evidência gradualmente distribuídos em relação à distância interna das áreas protegidas além de considerar pesos de evidência para as áreas de entorno ao redor das áreas protegidas. A dupla de cenários 4 apresentou uma área desmatada média de 51.548 km², levemente inferior àquela obtida para a dupla BAU-2 e GOV-2 (52.262 km²). Quando detalhamos a análise, o cenário BAU-4 apresentou uma redução de 3,43% (1.833 km²) da sua área desmatada em 2040 em relação àquela obtida para o cenário BAU-2. Ao contrário, o cenário GOV-4 apresentou um leve aumento de 1,19% (605 km²) da sua área desmatada em 2040 em relação àquela obtida para o cenário GOV-2. Nesse caso, o efeito provocado pela utilização de pesos de evidência das áreas de entorno foi diferente nos dois grupos de cenários. A combinação de pesos de evidência das áreas protegidas com os das áreas de entorno teve mais efeito na redução do desmatamento acumulado para o grupo BAU do que o grupo GOV que considera a recente criação das áreas protegidas.

Posteriormente, para diferenciar a distribuição espacial do desmatamento dos cenários que consideram pesos de evidência para áreas de entorno daqueles que não os consideram, foi

comparada a quantidade de desmatamento dentro das áreas de entorno das áreas protegidas entre os cenários simulados. Com a utilização de pesos de evidência para as áreas de entorno de 10 km (*buffers*) das áreas protegidas, pode-ser observado que estas foram mais desmatadas em 2040 do que para os cenários que não as consideram. Conforme a Tabela 3, podemos observar que o percentual do desmatamento total dentro das áreas de entorno das áreas protegidas foi mais elevado para os cenários 3 e 4 dos dois grupos de cenários do que para os cenários 1 e 2, que não incluem essa variável. A única exceção a essa constatação é a categoria de unidade de proteção integral federal, que apresenta um percentual de desmatamento total menor na sua área de entorno quando considerada a variável “área de entorno”. Portanto, a distribuição do desmatamento dentro das áreas de entorno das áreas protegidas é relacionada com o valor dos pesos de evidência destas e das áreas fora destas, consideradas “livres”, calculados na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento. O peso de evidência ficou geralmente maior para as áreas de entorno das áreas protegidas do que para aquelas localizadas fora deste limite, apesar das unidades federais, das quais, aquelas de proteção integral apresentaram os pesos de evidência mais negativos. Esses pesos de evidência podem ser encontrados no capítulo I.

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.

Cenários	Cen-I-1	Cen-I-2	Cen-I-3	Cen-I-4	Cen-II-1	Cen-II-2	Cen-II-3	Cen-II-4
UCUS Estaduais	13,8	14,1	15,8	16,2	13,6	14,4	14,9	15,6
UCUS Federais	5,0	5,0	5,5	5,5	18,0	16,3	18,1	17,6
UCPI Estaduais	2,1	2,1	2,3	2,4	1,5	2,0	1,7	2,0
UCPI Federais	1,1	1,2	0,95	1,1	9,9	10,1	8,4	9,3
TI	12,5	12,6	16,2	14,7	13,8	13,2	15,8	14,2

Também, uma questão importante é saber qual foi o impacto do aumento do desmatamento dentro das áreas de entorno sobre o desmatamento dentro das áreas protegidas. A partir da Tabela 4, é possível comparar os percentuais do desmatamento total dentro de cada categoria de área protegida. Resultados diferentes foram obtidos entre os dois grupos de cenários. Portanto, para os cenários do grupo *Business As Usual*, considerando a variável suplementar “áreas de entorno” e seu peso de evidência correspondente, houve como consequência, um aumento do percentual do desmatamento total dentro dos limites das áreas protegidas. A única exceção foi para as UCPI federais entre os cenários BAU-I e BAU-3, no

qual o percentual de desmatamento total diminuiu em 0,01 %. Entretanto, houve um leve aumento do percentual de desmatamento total dentro das áreas de UCPI federais entre os cenários BAU-2 e BAU-4 (de 0,05 % a 0,06 %). Nos cenários *Business As Usual*, havia somente uma área protegida de categoria UCPI federais na área de estudo: a ESEC do Cuniã (Estação Ecológica). Esta área é contígua a uma UCUS estadual: FLORSU do Rio Madeira (Floresta de Rendimento Sustentável). A área de entorno da UCUS estadual contém uma parte que se intersecta com a UCPI federal. Quando foram considerados pesos de evidência graduais para as áreas protegidas, a UUS estadual circunvizinha foi mais desmatada dentro dos seus limites e na sua área de entorno, o que provocou um aumento de desmatamento na área intersectada com a UCPI federal. Portanto, o desmatamento foi atraído nessa interseção devido ao peso de evidência da área de entorno da UUS estadual e não ao peso de evidência da área de entorno da UCPI federal, que apresenta o peso de evidência mais negativo da sua área de entorno (-0,69). Esse caso é pouco representativo considerando que tinha somente uma UCPI federal no primeiro grupo de cenários. Entretanto, um aspecto interessante que se destaca é a influência de áreas protegidas vizinhas que podem, por sua vulnerabilidade, direcionar desmatamento dentro de áreas protegidas circunvizinhas.

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.

Cenários	Cen-I-1	Cen-I-2	Cen-I-3	Cen-I-4	Cen-II-1	Cen-II-2	Cen-II-3	Cen-II-4
UCUS Estaduais	7,0	8,2	9,3	9,7	10,1	10,6	9,2	9,7
UCUS Federais	2,4	1,8	2,9	2,3	10,8	8,0	9,5	6,9
UCPI Estaduais	0,6	0,3	0,8	0,5	0,8	0,5	0,6	0,4
UCPI Federais	0,03	0,05	0,02	0,06	0,22	0,74	0,19	0,61
TI	2,8	1,2	3,6	1,4	4,6	1,5	3,9	1,4

No segundo grupo de cenários (*Governança*), a situação é diferente porque, quando foi considerada adicionalmente a variável “áreas de entorno”, esta provocou uma diminuição do percentual do desmatamento total dentro dos limites de todas as unidades de conservação. Uma das razões que pode explicar essa situação está relacionada ao tamanho das áreas protegidas recém criadas. Portanto, estas apresentam um tamanho considerável, como pode ser visto nos mapas das Figuras 24 até 31. Assim, as áreas de entorno de 10 km dessas áreas apresentam também uma área grande. No primeiro grupo de cenários, as áreas protegidas apresentam um tamanho bem inferior e conseqüentemente, suas áreas de entorno também.

Assim, as áreas de entorno das áreas protegidas do primeiro grupo são facilmente desmatadas e em decorrência disto, o modelo continua distribuindo o desmatamento dentro das próprias áreas protegidas. No segundo grupo de cenários, as áreas de entorno das áreas protegidas recém criadas modificaram a distribuição do desmatamento dentro das áreas protegidas. As áreas de entorno das unidades uso sustentável federais peculiarmente, foram muito desmatadas e conseqüentemente, a quantidade de desmatamento no interior delas diminuiu entre os cenários GOV-I e GOV-3 e entre os cenários GOV-2 e GOV-4 como pode ser observado no mapa das Figuras 28, 29, 30 e 31.

Discussão

Efeito das políticas públicas

Na modelagem realizada neste estudo, foi comparado o efeito produzido pela criação de áreas protegidas, além de considerar, mudanças metodológicas relacionadas à utilização de pesos de evidência para as áreas protegidas (homogêneos ou gradualmente distribuídos) e pesos de evidência para as áreas de entorno das áreas protegidas. A criação de áreas protegidas foi pouca eficiente, sendo que as áreas desmatadas dos cenários *Business As Usual* foram levemente superiores àquelas obtidas para os cenários de *Governança* em 2040. O efeito provocado pela criação das áreas protegidas foi mais importante quando foram utilizados pesos de evidência gradualmente distribuídos na área protegida. Quando foi considerada a mais a variável “áreas de entorno das áreas protegidas”, o efeito produzido foi menos importante. Assim, pode-se questionar se a atração causada pelas áreas de entorno ao desmatamento representará mais realistamente a futura distribuição do desmatamento da região de Lábrea ou não. Como observado nos cenários usando pesos de evidência nas áreas de entorno (I-4 e II-4), com seus valores elevados em relação aquele das áreas livres, o desmatamento acaba sendo concentrado ao redor das áreas protegidas em vez de desmatar preferencialmente as áreas livres. Essa distribuição não parece muita realista. Esta seria uma consequência dos anos utilizados para calibrar o modelo, que correspondem a um período recente (2000-2007), quando áreas longes das reservas em Rondônia já se encontravam em estágio de desmatamento avançado, e, portanto com pouco incremento anual por falta de floresta disponível para desmatar, comparado com as áreas em uma faixa de 10 km ao redor das reservas.

Portanto, foi considerado o cenário II-2, incluindo pesos de evidência evoluindo com a distância euclidiana interna, como o cenário mais realista. Nesse caso, o cenário extremo,

menos realista seria o cenário I-2 que não considera a criação das áreas protegidas de 2008. Quando foram comparados os dois cenários extremos, a diferença entre as áreas de desmatamento acumulado em 2040 foi de 5,1 % (2.596 km²). Se esse caso for o mais esperado, as áreas protegidas terão inibido levemente o desmatamento da região, e poderão ser consideradas pouco eficientes.

Os pesos de evidência e a distribuição espacial do desmatamento dentro das áreas protegidas

Em relação à utilização de pesos de evidência homogêneos ou gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas, diferentes formas geométricas de distribuição do desmatamento foram obtidas entre os cenários. Primeiramente, com a utilização de pesos de evidência homogeneamente distribuídos dentro das áreas protegidas, considerando que a probabilidade de desmatar a área protegida é a mesma desde os limites exteriores desta até seu centróide, pode-se ver nos mapas de saída (Figuras 24 a 31) que a distribuição espacial do desmatamento é bastante espalhada dentro das áreas protegidas. Esses resultados são pouco prováveis quando a área protegida não é inicialmente desmatada porque desmatar dentro de uma área protegida apresenta um risco considerável aos infratores. Portanto, um agente que pretende desmatar uma área e construir uma estrada dentro de uma área protegida aumenta seu risco de ser controlado por um órgão federal ou estadual e perder todos os investimentos colocados na construção dessa estrada. Desmatar no centro de uma área protegida não parece ser realista nesse caso, e ainda menos para grandes áreas protegidas. Entretanto, fica provável que áreas vulneráveis ao desmatamento sejam completamente desmatadas, de maneira espalhada dentro de seus limites. Como foi discutido no capítulo I, áreas de uso sustentável estaduais de Rondônia, por exemplo, já foram muito deterioradas, apresentando até um percentual de desmatamento de mais de 60% para algumas delas, devido ao seu pequeno tamanho e à falta de monitoramento e gestão. Também, se já havia anteriormente desmatamento dentro da área protegida, como é o caso das unidades de uso sustentável na fronteira de Lábrea com Rondônia, outras variáveis, como a distância às estradas não pavimentadas ou a distância ao desmatamento, poderão ter mais influência na probabilidade de ocorrer desmatamento dentro da área protegida do que o próprio peso de evidência da área protegida. Nesse caso, o desmatamento poderá aparecer naturalmente espalhado. É importante ressaltar que a influência das variáveis proximais sobre o desmatamento não é o resultado da ação de cada uma individualmente, senão a complexa relação de diversos fatores e variáveis.

Quando se utilizou pesos de evidência gradualmente distribuídos dentro das áreas protegidas, notamos que as áreas protegidas foram menos desmatadas. Também, a

distribuição espacial do desmatamento é diferente, de tal modo que o desmatamento avança a partir das bordas exteriores das áreas de proteção. Esse padrão é o mais comum quando as áreas protegidas ainda não estão desmatadas. Os agentes exteriores desmatam pedaços de borda das áreas protegidas e se estendem dessa maneira. Uma das desvantagens desse método é a forma muito geométrica do avanço do desmatamento, pois, o desmatamento ocorre primeiramente nos anéis com probabilidade mais alta, para depois continuar seu avanço concentricamente em anéis de probabilidade mais baixa, segundo o gradiente de distância euclidiana no interior da área protegida. Foi observado nos cenários BAU-2, BAU-4, GOV-2 e GOV-4 que as unidades de uso sustentável na fronteira de Lábrea (Amazonas) e de Rondônia, que já estavam desmatadas parcialmente anteriormente ao primeiro ano de simulação, foram completamente desmatadas mesmo com a utilização de pesos gradualmente distribuídos em relação ao gradiente de distância. Dois fatores podem explicitar essa situação. Primeiramente, essas unidades estão muito próximas às estradas pavimentadas e já existia muito desmatamento dentro dos seus limites sob forma de grandes pastos, como foi observado durante o trabalho de campo. Também, como o tamanho das áreas protegidas é bastante pequeno, a distância euclidiana interna não é muito elevada, assim, as probabilidades são maiores como pode ser observado na curvas de tendência do peso de evidência em relação à distância euclidiana interna, obtidas no capítulo I. As terras indígenas, que apresentaram uma queda maior do seu peso de evidência em relação à distância euclidiana interna, foram pouco desmatadas dentro dos seus limites.

Utilização de pesos de evidência específicos às áreas de entorno das áreas protegidas

Neste estudo, quatro cenários foram simulados com o objetivo de avaliar o padrão de desmatamento em função da utilização dos pesos de evidência associados à variável "áreas de amortecimento". Nos cenários que incluíram essas variáveis, as áreas de entorno foram mais desmatadas do que nos cenários que não as incluem. A atração do desmatamento dentro dos limites das áreas de entorno é função dos valores de pesos de evidência atribuídos às mesmas, para categorias de uso associadas à esfera administrativa. As áreas de entorno das terras indígenas apresentaram o maior peso de evidência, e, portanto, foram as mais desmatadas, evidenciando um padrão de desmatamento aos seus redores.

Os valores dos pesos de evidência específicos para este estudo foram obtidos com base nos dados disponíveis do PRODES³ entre 2000-2007 na região Sudoeste do Arco do Desmatamento (fase de calibração). Os resultados obtidos indicaram que, em geral, os valores dos pesos de evidência foram maiores nas áreas de entorno às áreas protegidas do que aquelas fora deste limite (áreas livres). Isto possivelmente se deve ao fato de que, no ano de 2000 (início da calibração do modelo) já havia um percentual de áreas desmatadas elevado na região fora do entorno das áreas protegidas (áreas livres), e assim induzindo a menores valores de peso de evidência para estas áreas do que nas áreas de entorno. Portanto, o cálculo de pesos de evidência não considerou as mudanças de uso da terra que ocorreram anteriormente ao período utilizado. A obtenção dos valores dos pesos de evidência com longa série de dados (períodos anteriores a 2000) com menor percentual de desmatamento das áreas livres, possivelmente poderia resultar em maiores valores de pesos de evidência para as áreas livres. Soares-Filho e Dietzsch (2008) reportaram que as áreas protegidas reduziram o desmatamento a seu redor, ou seja, que o peso de evidência das áreas de entorno foi inferior daquele calculado para as áreas “livres”. Os resultados dos autores divergiram daqueles obtidos neste estudo. Essa diferença pode ser atribuída à extensão espacial da área de estudo dos autores, a qual foi aplicada em toda a Amazônia Legal. Vale salientar que em seus cálculos foram utilizadas 520 áreas protegidas entre o período 2002-2007, e, portanto, não diferenciaram as áreas protegidas próximas ao Arco do Desmatamento daquelas situadas longe de sua dinâmica, como é o caso específico do presente estudo.

A Modelagem e suas limitações

Quando são analisados resultados de qualquer exercício de modelagem da dinâmica de uso e cobertura da terra, se deve guardar em mente o caráter falível das previsões ambientais que são feitas. O modelo é uma simplificação da realidade, extremamente complexa, assim, sempre estará sujeito a erros. Entretanto, a modelagem espacial de uso da terra, como é feita nesse estudo a partir do programa computacional DINAMICA-EGO é muito importante para visualizar eventuais impactos ambientais positivos ou negativos que poderiam ser causados no futuro de uma paisagem em estudo. Neste estudo, foi possível visualizar cenários futuros relacionados com a criação de áreas protegidas no município de Lábrea. Portanto, o modelo utilizado, AGROECO foi capaz de simular o desmatamento até o ano 2040 e representar o

³ Os dados do PRODES são disponíveis para o período 1997-2007, no entanto, os anos 1998 e 1999 não são disponíveis. Não foram analisados os pesos de evidência entre 1997 e 2000 porque neste estudo foram considerados passos anuais, entre dois anos consecutivos, no cálculo de médias dos pesos de evidência.

efeito causado pela criação das recentes áreas protegidas na trajetória do desmatamento de Lábrea. As novas ferramentas espaciais utilizadas modificaram a distribuição do desmatamento dentro das áreas protegidas, tanto por sua quantidade do que por sua distribuição espacial.

O modelo AGROECO tem a capacidade de regular a quantidade de floresta acessível em função de variáveis espaciais como a extensão da rede rodoviária, ou do mapa de fricção e atratividade como foi já explicitado na parte metodológica. Mesmo com a utilização de uma taxa de desmatamento líquida constante de entrada, a taxa bruta de desmatamento simulada varia em relação a essas variáveis espaciais. Entretanto, na realidade, a taxa anual líquida de desmatamento varia devido a forças oriundas de diversas escalas, sendo, sociais, políticas ou econômicas. Para considerar essas forças direcionadoras, deveriam ser agregadas neste estudo, abordagem local (*bottom up*) e nacional (*top down*) e considerar, por exemplo, os efeitos macro-econômicos que determinam a demanda para os produtos obtidos em decorrência do desmatamento e os papéis importantes de vários grupos de atores. Dentre eles, incluem “grileiros” (os grandes apropriadores ilegais de terra), grandes investidores legais (i.e., agroindústria de soja e grandes pecuaristas) e grandes investidores ilegais (i.e., lavadores de dinheiro com renda de tráfico de drogas, corrupção, sonegação tributária e outras fontes ilegais), além da exploração madeireira e da migração entre estados. Assim, seria interessante adicionar futuramente a nossa modelagem espacial, uma modelagem não espacial integrando variáveis de diferentes escalas que influenciariam a taxa de desmatamento da região de Lábrea.

Sendo que este estudo se interessou em modelar o efeito produzido pela criação de áreas protegidas, um modelo não espacial desenvolvido no VENSIM especificamente para áreas protegidas, poderia integrar outras variáveis tais como: grau de implementação, financiamento, controle e fiscalização, que influenciam diretamente a vulnerabilidade das áreas protegidas ao desmatamento e melhorando assim, a confiabilidade da modelagem. Um estudo de Bruner et al. (2001), que se interessou em avaliar a efetividade de parques em proteger a biodiversidade, mostrou que esta efetividade era correlacionada com vários fatores, tais como, a prevenção de atividades ilegais dentro da área protegida, o número de guardas, o grau de demarcação das áreas protegidas. Esse tipo de trabalho poderia ser feito na região de estudo e tentar encontrar fatores e variáveis que poderiam ser modelados de maneira não-espacial.

Conclusão

Este estudo sugere que a recente criação das áreas protegidas federais será pouco eficiente para conter o avanço atual do desmatamento na região de Lábrea até o ano 2040. Comparada aos cenários do primeiro grupo (*Business As Usual*), a maioria dos cenários correspondentes do segundo grupo (*Governança*) que incluem a recente criação das áreas protegidas, mostrou áreas de desmatamento acumulado levemente inferiores em 2040. Além do efeito provocado pelas políticas públicas, um dos objetivos deste trabalho foi de simular com mais realismo a efetividade futura exercida pelas áreas protegidas. Para isso, foram utilizadas diferentes ferramentas metodológicas relacionadas com pesos de evidência de áreas protegidas e das suas áreas de entorno. Uma dessas ferramentas são pesos evidência homogeneamente distribuídos ou gradualmente distribuídos nas áreas protegidas. A segunda ferramenta são pesos de evidência específicos às áreas de entorno de áreas protegidas. Combinando essas ferramentas, foram obtidas respostas diferentes em termos de quantidade e distribuição espacial do desmatamento na área de Lábrea em 2040. É com a utilização dos pesos de evidência gradualmente distribuídos por dentro das áreas protegidas (cenários BAU-2, BAU-4, GOV-2 e GOV-4) que foi obtida a menor quantidade de desmatamento dentro das áreas protegidas, e isso, independentemente da utilização de pesos específicos às áreas de entorno. A utilização de pesos de evidência evoluindo com a distância euclidiana interna da área protegida parece ser mais realista, sendo que reduz a influência de ocorrer desmatamento nas áreas mais distantes da borda das áreas protegidas. Também, o desmatamento avança aos poucos a partir das bordas já desmatadas o que parece representar vários casos reais observados na Amazônia. A limitação desse método é a sua representação geométrica, concêntrica. Considerando pesos de evidência para as áreas de entorno às áreas protegidas, as simulações foram menos realistas devido à distribuição espacial do desmatamento concentrando-se geometricamente ao redor das áreas protegidas. Acredita-se que esta esteja uma consequência dos anos para os quais os dados de satélite (cobertura/uso da terra) foram disponíveis para calibrar o modelo, quando as áreas fora dos *buffers* das reservas já haviam sofrido muito desmatamento, deixando pouco para desmatar. Assim, acredita-se que o cenário mais realista seja aquele que utiliza pesos de evidência gradualmente distribuídos em relação à distância euclidiana e que não considera os pesos de evidência das áreas de entorno, ou seja, o cenário GOV-2. Em relação ao cenário de linha base (BAU-2) o cenário GOV-2 reduziu em 5,1 % (2.596 km²) a sua área desmatada. Nestes cenários, a criação das recentes áreas

protegidas tem reduzido levemente o desmatamento, assim, considera-se que as novas áreas protegidas são pouco eficientes para conter o desmatamento dentro dos seus limites.

As simulações feitas questionam a efetividade de criação de áreas protegidas em novas áreas de fronteira agropecuária como é o caso de Lábrea. Entretanto, para prever impactos futuros que poderão ser causados em outras regiões, a modelagem é útil de maneira que pode também ser utilizada para propor novas áreas protegidas, evidenciando a sua efetividade futura a partir da elaboração de cenários de governança. Este estudo indicou a necessidade de trazer ajustes e precisões para representar mais realistamente, as eficiências de áreas protegidas em conter o futuro desmatamento, tanto na distribuição espacial do desmatamento representada, bem como, na quantidade de desmatamento evitado. As melhorias que foram desenvolvidas neste estudo se aplicam à parte Sudoeste do Arco do Desmatamento e apresentam ainda algumas limitações. Para simulações em escala menor, como para a bacia amazônica, por exemplo, a eficiência das áreas protegidas poderia ser avaliada regionalmente, diferenciando as áreas de alta pressão antrópica das de pouca pressão, de maneira a ajustar os cálculos de desmatamento evitado pelas áreas protegidas da Amazônia. Esses cálculos são extremamente importantes porque, futuramente, partes de recursos necessários para conservação poderiam vir na forma de créditos de carbono trocados por emissões de carbono evitadas com o desenvolvimento de mecanismos de redução do desmatamento e degradação - REDD.

CONCLUSÃO GERAL

A pecuária é a principal atividade que tem contribuído para as mudanças de uso da terra da região de Lábrea, no Sul do Estado do Amazonas. A organização da cadeia de carne bovina da região de Rondônia e do Acre influencia diretamente o avanço da fronteira agrícola no Sul de Lábrea. O efeito combinado das políticas públicas federais de integração da Amazônia referentes à reconstrução da BR-319 e a construção de duas barragens na região, além da contínua e crescente demanda do mercado para a carne bovina, poderão afetar o processo de ocupação da região. Nesse contexto, uma questão importante foi compreender se a recente criação das áreas protegidas federais em 2008 será eficiente para resultar numa redução da perda de cobertura florestal nativa da região e se estas serão eficientes em conter a expansão do desmatamento no interior dos seus limites.

Para responder essa indagação, o primeiro capítulo deste trabalho tem avaliado a eficiência de áreas protegidas em conter o desmatamento em regiões vizinhas a Lábrea, nos Estados de Rondônia, partes do Estado do Acre e do Sul do Estado do Amazonas. Foi suposto que Lábrea poderia passar futuramente pelos mesmos processos de consolidação de desmatamento que foram observados nessas regiões. Uma forma de avaliar essa eficiência foi analisar a distribuição do desmatamento dentro e fora dos limites das áreas protegidas entre 1997 e 2007 para categorias de uso e categorias de uso associadas à esfera administrativa. Adicionalmente, para determinar a influência espacial das áreas protegidas no desmatamento, foram calculados nessa mesma região, pesos de evidência das áreas protegidas entre os anos 2000 e 2007 para as mesmas categorias. Pesos de evidência homogeneamente distribuídos foram calculados, bem como, pesos de evidência gradualmente distribuídos em relação à distância euclidiana interna das áreas protegidas. Por sua vez, pesos de evidência específicos às áreas de entorno das áreas protegidas, para categoria de uso e categorias de uso associadas à esfera administrativa foram, também, considerados na simulação.

No segundo capítulo, foi simulado o desmatamento na região de Lábrea até 2040. Para simular o efeito da criação das áreas protegidas, foram elaborados oito cenários dos quais somente quatro incluem a recente criação das áreas protegidas. A maioria dos resultados obtidos para os cenários indica que a recente criação das áreas protegidas diminuiria levemente as áreas desmatadas em 2040. Para simular com mais realismo a efetividade futura exercida pelas áreas protegidas, tanto no grupo de cenários *Business As Usual*, bem como no grupo de *Governança*, foram elaborados quatro cenários incluindo diferentes combinações entre pesos de evidência homogêneos ou gradualmente distribuídos para as áreas protegidas e

pesos de evidência específicos às áreas de entorno das áreas protegidas. Após simulação até 2040, foram obtidas respostas diferentes em termos de quantidade e distribuição espacial do desmatamento na área de Lábrea. A utilização de pesos de evidência evoluindo com a distância euclidiana interna da área protegida parece ser mais realista sendo que reduz a quantidade de desmatamento nas áreas mais distantes da borda das áreas protegidas. Também, a distribuição espacial do desmatamento dentro dos seus limites é modificada, o desmatamento progredindo dentro da área protegida a partir dos seus limites externos. Enquanto ao efeito provocado pela consideração de pesos de evidência das áreas de entorno às áreas protegidas, observou-se uma distribuição do desmatamento menos realista, concentrando desmatamento ao redor das áreas protegidas. Assim, acredita-se que o cenário mais realista seja aquele que utiliza pesos de evidência gradualmente distribuídos em relação à distância euclidiana interna e que não inclui as variáveis “áreas de entorno”, ou seja, o cenário GOV-2. Em relação ao cenário de linha base (BAU-2), o cenário I-4 reduziu em 5,1 % (2.596 km²) da sua área desmatada.

Em síntese, este estudo sugere que a recém criação das áreas protegidas, foi importante por ter resultado na diminuição de 5.1% da área desmatada em 2040, mesmo se não reduziram em grande quantidade as taxas de desmatamento. Além de reduzir a quantidade de desmatamento, a conservação das florestas tropicais remanescentes é um grande desafio para o Brasil para reduzir perdas de biodiversidade, preservar recursos naturais endêmicos, evitar a fragmentação do *continuum* florestal, além de abrigar povos tradicionais permitindo a manutenção de atividades que respeitem a natureza e as tradições da Amazônia. Futuramente, partes dos recursos necessários para esse esforço podem vir na forma de créditos de carbono trocados por emissões de carbono evitadas com o desenvolvimento de mecanismos de redução do desmatamento e degradação (REDD). Recentemente, o primeiro projeto de REDD da Amazônia brasileira se originou na região de Novo Aripuanã (AM), na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma. Os cálculos se basearam no modelo de Soares-Filho e colaboradores (2006) para avaliar o desmatamento evitado e nas estimações de biomassa de Nogueira e colaboradores (2008) para interpretar essa quantidade em termos de emissões de carbono evitadas. De maneira a aumentar a confiabilidade dos cálculos de emissões de carbono evitadas, ajustes na modelagem do efeito produzido pela criação de áreas protegidas, como foram realizados na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento neste estudo, poderiam ser feitos em outras regiões da Amazônia. Cálculos mais precisos podem modificar o valor econômico que pode ser atribuído às áreas protegidas para sua conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Crítica, 2004. “Trabalhador foi executado com requintes de crueldade”. A Crítica [Manaus]. 25 de abril 2004. p. C-3.

Aguiar, A.P. 2006. *Modeling Land-Use Change in the Brazilian Amazon: Exploring Inter Regional Heterogeneity*. PHD's Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, São José dos Campos. 153 pp.

Alencar, A.; Nepstad, D.; McGraph, D.; Moutinho, P.; Pacheco, P.; Del Carmen Vera Diaz, M.; Soares-Filho, B. S. 2004. *Desmatamento na Amazônia: Indo além da "Emergência Crônica"*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Belém, Pará. 84pp.

Amazonas em Tempo, 2008. “Morte em Lábrea sob investigação”. Amazonas em Tempo [Manaus]. 10 de março de 2008, p. A-1.

Andersen, L.; Granger, C.; Reis, E.; Winhold, D.; Wunder, S. 2002. *The dynamics of Deforestation and Economic Growth in the Brazilian Amazon*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 290 pp.

Barreto, P.; Arima, E.; Bitto, M. 2005. Pecuária e Desafios para a Conservação Ambiental na Amazônia. In: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON) (Eds.). *Amazônia em foco nº1*. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, Belém, Pará. 4p.

Bickel, U. 2004. *Brasil: expansão da soja, conflitos sócio-ecológicos e segurança alimentar*. Master's thesis, School of Agronomy, University of Bonn, Germany. 169pp.

Briassoulis, H. 2000. Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. In: The Web Book of Regional Science (www.rri.wvu.edu/regscweb.htm). Morgantown: Regional Research Institute, West Virginia University, USA.

Brondizio, E. S.; McCracken, S. D.; Moran, E. F.; Siqueira, A. D.; Nelson, D. R.; Rodriguez-Pedraza, C. 2002. The colonist footprint: Toward a conceptual framework of land use and deforestation trajectories among small farmers in the Amazonian Frontier. In: C. H. Wood &

R. Porro (Eds.). *Deforestation and land use in the Amazon*. Gainesville, FL: University Press of Florida, USA. p. 133-161.

Bruner, A.G.; Gullison, E.; Rice, R.E.; da Fonseca, A.B. 2001. Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity. *Science*, 291:125-127.

Carvalho, G.O.; Nepstad, D.; McGrath, D.; Vera-Diaz, M. D. C.; Santilli, M.; Barros, A. C. 2002. Frontier Expansion in the Amazon: Balancing Development and Sustainability. *Environment*, 44(3): 34-45.

Fearnside, P. M. 1985. Agriculture in Amazonia. In: Prance, G. T.; Lovejoy, T. E. (Eds.). *Key Environments of Amazonia*. Pergamon Press, Oxford, UK. p. 393-418.

Fearnside, P. M. 1989. Projetos de colonização na Amazônia Brasileira: Objetivos conflitantes e capacidade de suporte humano. *Cadernos de Geociências*, 2: 7-25.

Fearnside, P. M. 1997. Environment services and as a strategy for sustainable development in rural Amazonia. *Ecological Economics*, 20 (1): 53-70.

Fearnside, P. M. 2000. O avanço da soja como ameaça à biodiversidade na Amazônia. In: Lal, R.; Kimble, J.M & Stewart, B.A (Eds.). *Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação*, v.1: Conservação e Duna; Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 10-15 de Outubro de 2000. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil. 447 pp.

Fearnside, P. M., 2001. Land-tenure Issues as Factors in Environmental Destruction in Brazilian Amazonia: The Case of Southern Pará. *World Development*, 29 (8): 1361-1372.

Fearnside, P. M, 2003. Deforestation control in Mato Grosso: a new model for slowing the loss of Brazil's Amazon Forest. *Ambio*, 32(5): 343-345.

Fearnside, P. M. 2005. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, Índices e Conseqüências. *Megadiversidade*, (1): 113-123.

Fearnside, P. M.; Graça, P. M. L. A. 2006. Brazil's Manaus-Porto Velho highway and the potential impact of a migration corridor to central Amazonia / BR-319. *Environment Management*, 38: 705-716.

Fearnside, P. M.; Graça, P. M. L. A.; Keizer, E.W.H; Maldonado, F.D.; Barbosa, R.I.; Nogueira, E. 2007. Desmatamento e emissões de carbono projetadas para o Sul do Amazonas, Brasil: Modelagem do Desmatamento e Emissões no Município de Apuí na Área da Rodovia Manaus-Porto Velho (BR 319) no Período 2007-2050. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA. Relatório Técnico.

Ferreira, L. V. 2001. Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade por meio da representatividade das unidades de conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia brasileira. In: Capobianco, J. P. R. (Ed.). *Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios*. Instituto Socioambiental ISA, São Paulo. p. 268-286.

Ferreira, L.V.; Venticinque, E.; Almeida, S. 2005. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos Avançados*, 19:1-10.

Ferreira, L.V. 2007. A efetividade das Terras Indígenas em conter o Desflorestamento na Amazônia Brasileira. Anais da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 59. Belém. Disponível em:<www.sbpnet.org.br/livro/59ra/pdf/Leandro2.pdf>. Acesso em: 04.03.2008.

Geist, H. J.; Lambin, E. F. 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*, 52(2): 143-150.

Greenbaum, L., 1989. Plundering the timber on Brazilian Indian reservations. *Cultural Survival*. 13 (1): 23-26.

GTA. 2008. *A devastação das Unidades de Conservação e Terras Indígenas no Estado de Rondônia*. Grupo de Trabalho Amazônico (GTA), Porto Velho, Rondônia, Brasil. 62pp.

Hagen, A. 2003. Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 17: 235-249.

Hecht, S.B.; Cockburn, A. 1990. The fate of the Forest: Developers, Destroyers, and Defenders of the Amazon. *Economic Geography*, 66 (2) : 174-176.

Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE). 2001. Censos demográficos. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000>> Acesso em: 21/01/2008.

Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE). 2007. Banco de dados- Geociências. Disponível em:< http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo> Acesso em: 21/01/2008.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite Projeto Prodes. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital>>. Acesso em: 12.10.2007, 23.11.2007, 14.01.2008, 4.02.2008, 25.12.08, 12.01.2009.

Instituto Socioambiental (ISA), Caracterização Socioambiental das Unidades de Conservação na Amazônia Brasileira. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/uc/>>. Acesso em: 27.09.2008.

Kaimowitz, D.; Mertens, B.; Wunder, S.; Pacheco; P. 2004. Hamburger Connection Fuels Amazon Destruction: Cattle Ranching and Deforestation in Brazil's Amazon. Center for International Forestry Research-CIFOR. 10 pp.

Kirby, K.R; Laurance, F.W.; Albernaz, A. K.; Schroth, G.; Fearnside, P.M; Bergen, S.; Venticinque, E. M.; da Costa, C. 2006. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. *Futures*, 38: 432-453.

Lambin, E. F.; Rounsevell, M. D. A.; Geist, H. J. 2000. Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82: 321-331.

Laurance, W. F.; Cochrane, M. A.; Bergen, S.; Fearnside, P. M.; Delamônica, P.; Barber, C.; D'Angelo, S.; Fernandes, T. 2001. The future of Brazilian Amazon. *Science*, 291: 438-439.

Margulis, S. 2003. Causes of Deforestation of the Brazilian Amazon. World Bank Working Paper. 77 pp.

Nepstad, D. C.; Barros, A. C.; Alencar, A.; Capobianco, J. P.; Bishop, J.; Mountinho, P.; Lefebvre, P.; Silva, U. L.; Prins, E. 2001. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, 154: 395-407.

Nepstad, D.; Schartzman, S.; Bamberger, B.; Santilli, M.; Ray, D.; Schlesinger, P.; Lefebvre, R.; Alencar, A.; Prinz, E.; Fiske, G.; Rolla, A. 2006. Inhibition of Amazon Deforestation and Fire by Parks and Indigenous Lands. *Conservation Biology*, 20(1): 65-73.

Pedlowski, M. A.; Dale, V.H.; Matricardi, E.A.T; Pereira da Silva Filho, E. 1997. Patterns and impacts of deforestation in Rondônia, Brazil. *Landscape and Urban Planning*, 38: 149-157.

Nogueira, E.M.; Fearnside, P.M.; Nelson, B.W; Barbosa, R.I.; Keizer, E.W.H. 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256 (11): 1853-1857.

Pedrosa, B. M.; Câmara, G. 2001. Aspectos Conceituais da Modelagem Dinâmica Espacial. Anais do WORCAP I, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. São José dos Campos, 25 de Outubro. 106-108 p.

RADAMBRASIL Projeto. 1978. Folha no. SB 20 Purus: geologia, pedologia, vegetação, e uso potencial da terra. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ, 566p.

Ribeiro, B.; Veríssimo, A.; Pereira, K. 2005. O Avanço do Desmatamento sobre as Áreas Protegidas em Rondônia. *O Estado da Amazônia (IMAZON)*, 5: 1-5.

Rodrigues, H.O.; Soares-Filho, B.S.; Leles de Souza Costa, W. 2007. Dinamica-EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. *In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. Florianópolis, Santa Catarina, 21-26 abril 2007. p. 3089-3096.

Sá, R. M. L.; Ferreira, L. V. 2000. Áreas protegidas ou espaços ameaçados: o grau de implementação e vulnerabilidade das unidades de conservação federal brasileiras de uso indireto. Série Técnica III, WWF Brasil. Brasília.

Silva, K. E.; Pereira, K.P. 2005. Alterações na cobertura vegetal natural dos municípios do Sul do Amazonas. *In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. Goiânia, Goiás, 16-21 de abril. 1667-1671 p.

Skole, D.L.; Chomentowski, W.H.; Salas, W.A.; Nobre, A.D. 1994. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia. *BioScience*, 44: 314–322.

Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Pennachin, C. L. 2002. DINAMICA, a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*, 154: 217-235.

Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Araújo, W. L.; Voll, E. 2003. Modelagem de Dinâmica de Paisagem: Concepção e Potencial de Aplicação de Modelos de Simulação baseado em Autômato Celular. *In: Albernaz, A., Silva J.M.C.D., Valeriano D. (Eds) Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará.

Soares-Filho, B.S.; Alencar, A.A.; Nepstad, D.C.; Cerqueira, G.C.; Diaz, M. del C.V.; Rivero, S.; Solórzano, L.; Voll, E. 2004. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: The Santarém-Cuiabá corridor. *Global Change Biology*, 10(5): 745-764.

Soares-Filho, B.S.; Nepstad, D.C.; Curran, L.; Cerqueira, G.C.; Garcia, R.A.; Ramos, C.A.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P.; Vol, E.; McGrath, D. 2005. Cenários de desmatamento para Amazônia. *Estudos Avançados*, 19(54): 138-152.

Soares-Filho, B.S., Nepstad, D.C.; Curran, L.M.; Cerqueira, G.C.; Garcia, R.A.; Ramos, C.A.; Voll, E.; McDonald, A.; McDonald, P.; Schlesinger, P. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440: 520-523.

Soares-Filho, B.; Dietzsch, L.. 2008. Reduction of Carbon Emissions associated with deforestation in Brazil: The Role of the Amazon Region Protected Areas Program (ARPA). World Wide Foundation, Brasilia, Brazil. 32pp.

Soares-Filho, B.S. Projeto Dinâmica. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/dinamica.>>. Acesso em: 22.07.2008; 05.10.2008; 12.12.2008.

Souza, C.; Brandão, A.; Anderson, A.; Veríssimo, A. 2004. O avanço das estradas endógenas na Amazônia. In: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON) (Eds). *Amazônia em foco*. Vol.1. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, Belém, Pará. 2 pp.

SNUC. 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: www.ibama.gov.br. Acesso em: 20/02/2008.

Veldkamp A.; Fresco, L.O. 1996. CLUE: a conceptual model to study the Conversion of Land-Use and its Effects. *Ecological Modelling*, 85: 253-270.

Ventana Systems Inc. 2007. VENSIM software, linking systems thinking to powerful dynamic models. Disponível em: <<http://www.VENSIM.com/software.html>>. Acesso em 3/04/2008.

Walker, R.; Moran, E. & Anselin, L. 2000. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian Amazon: External capital and household process. *World Development*, 28(4): 683-699.