

# **Capítulo I - Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte Sudoeste do “Arco do Desmatamento”<sup>1</sup>**

## **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 dentro dos seus limites. 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.

---

<sup>1</sup> 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.

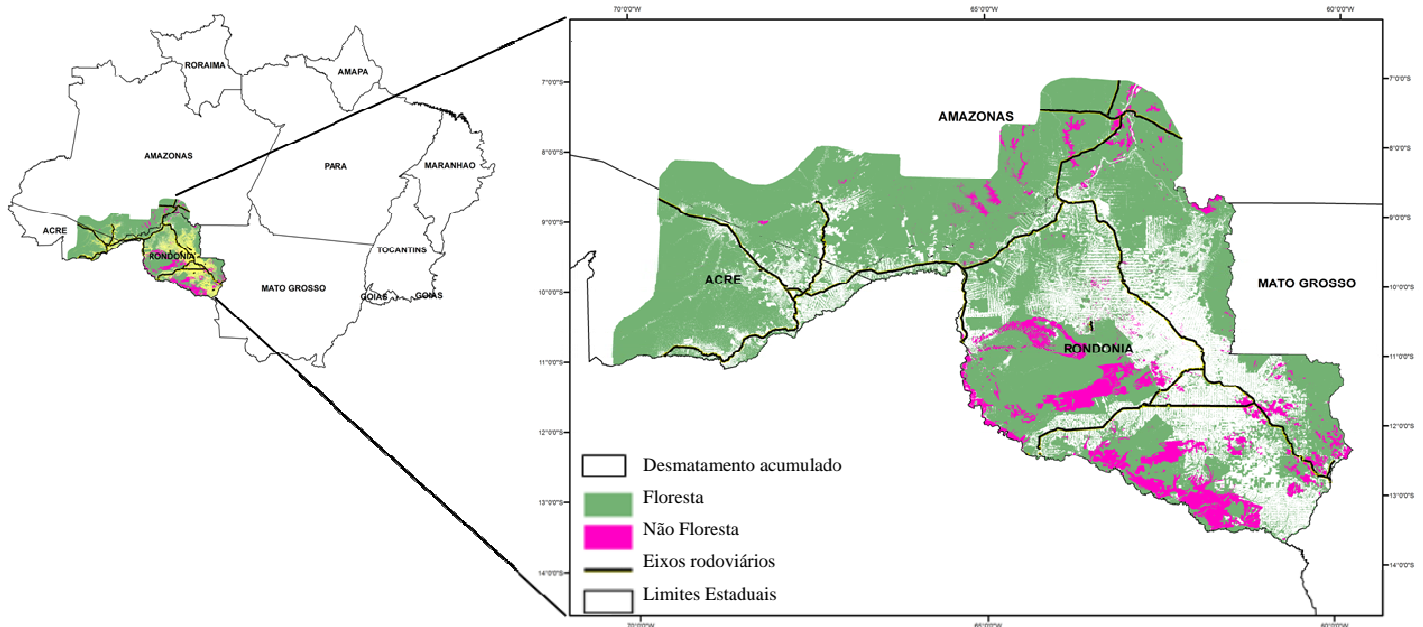
Desta maneira, o objetivo deste estudo foi avaliar a efetividade histórica de proteção ao desmatamento (dentro de seus limites) das UCs, em regiões próximas a parte Sul do Amazonas onde já ocorreram os processos de expansão e consolidação da fronteira agrícola, e que são esperados ocorrerem em Lábrea.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

A área de estudo possui 392.874 km<sup>2</sup> 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.



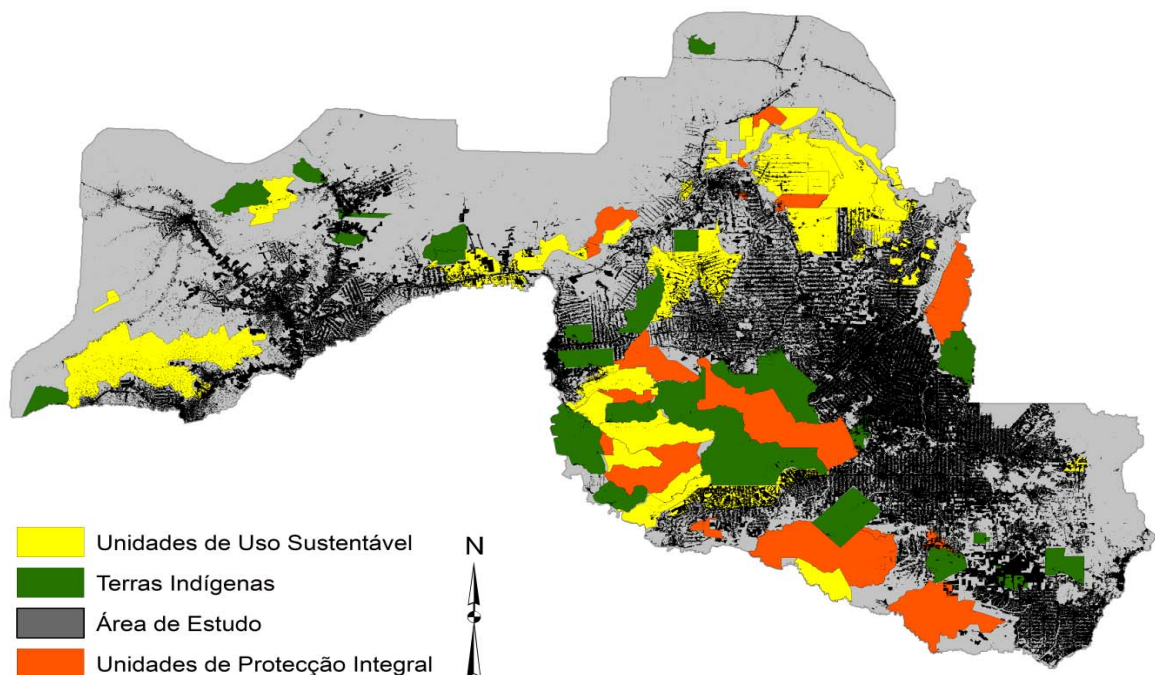
**Figura 1.** Área de estudo compreendendo o Estado de Rondônia, uma parte dos Estados do Acre e do Amazonas.

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*

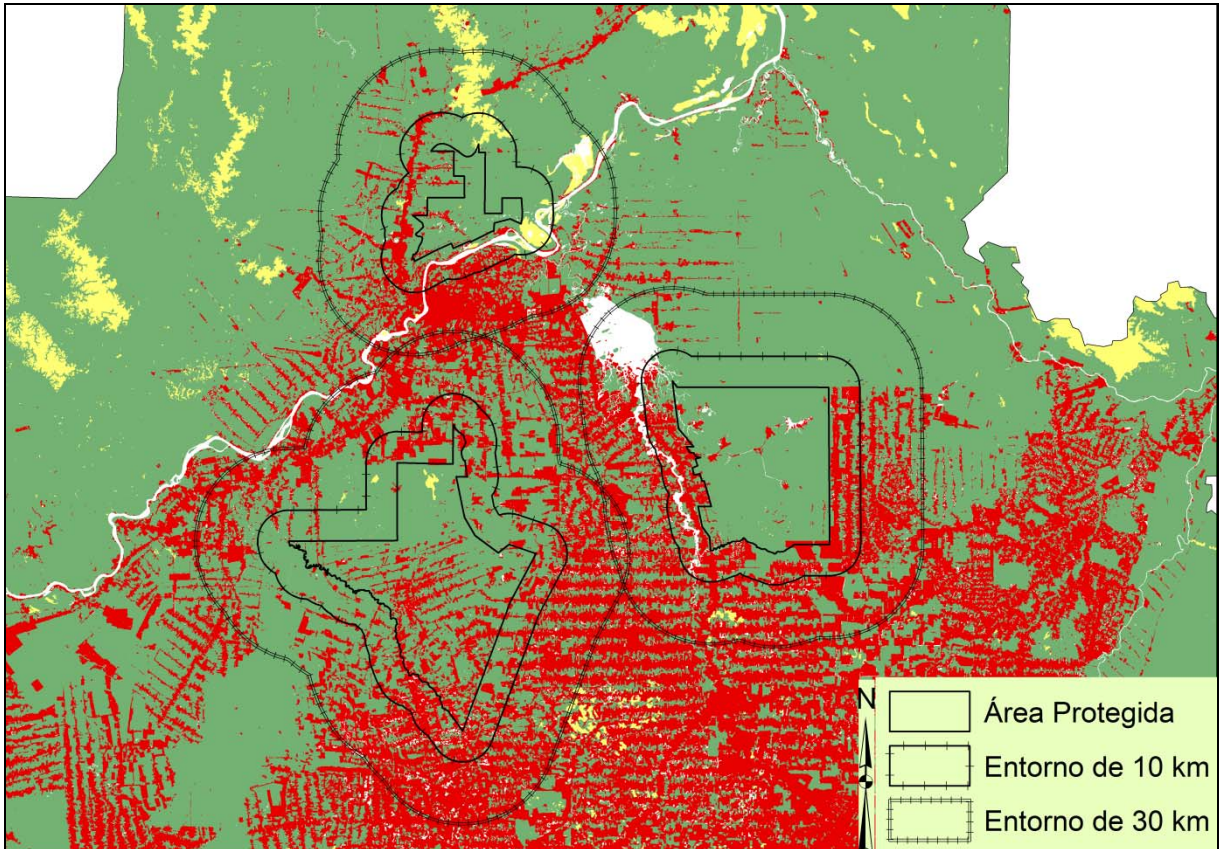
Foram utilizados os dados de desmatamento liberados pelo INPE, estes dados representam uma série temporal de dez anos entre 1997 e 2007. A resolução espacial disponibilizada para o mosaico da Amazônia Legal é de 120 m. Os dados espaciais de rede viária foram adquiridos no Centro de Sensoriamento Remoto (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 1 até 9.

$$P(D|A) = \frac{P(D \cap A)}{P(A)} \quad (1)$$

$$P(A|D) = \frac{P(A \cap D)}{P(D)} \quad (2)$$

$$P(A \cap D) = P(A|D) \times P(D) \quad (3)$$

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

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

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

$$P(\bar{D}|A) = P(\bar{D}) \times \frac{P(A|\bar{D})}{P(A)} \quad (5)$$

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

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

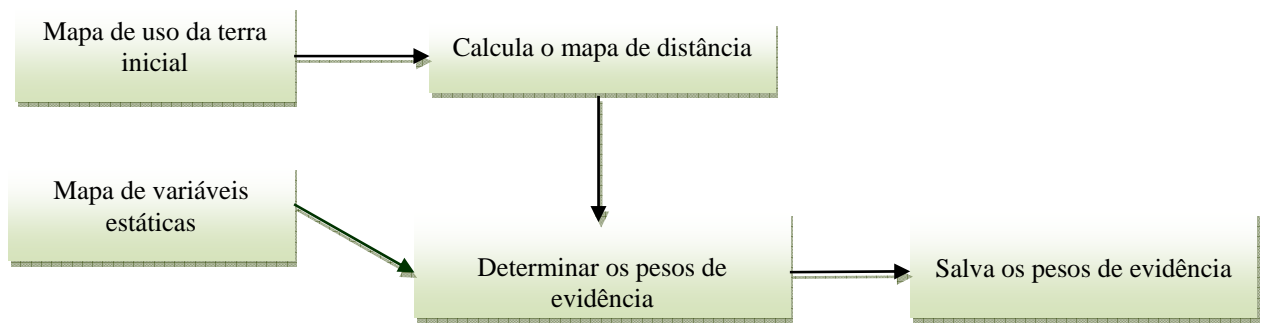
$$\log O(D|A) = \log O(D) + \log \frac{P(A|D)}{P(A|\bar{D})} \quad (7)$$

$$\log O(D|A) = \log O(D) + W^+ \quad (8)$$

$$\log O(D|A_i) = \log O(D) + \sum_{i=1}^n W_i^+ \quad (9)$$

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*

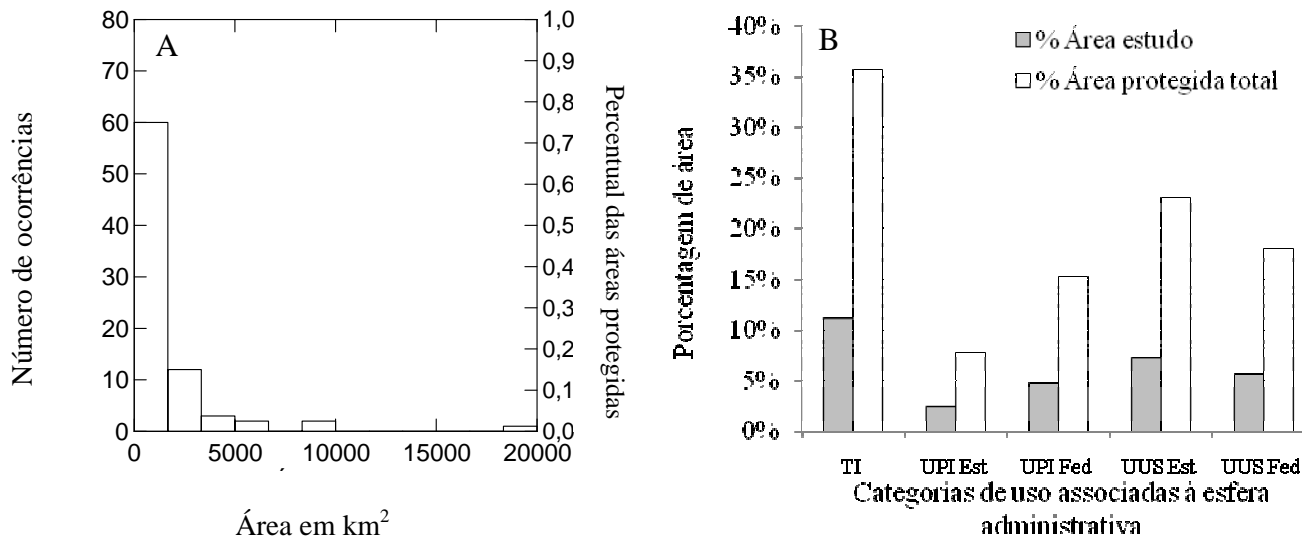
Para comparar a eficiência das diferentes áreas de proteção em inibir o desmatamento, foram utilizados testes estatísticos não paramétricos devido a não normalidade da distribuição dos dados de desmatamento obtidos dentro das áreas protegidas. Primeiramente, para avaliar o efeito inibidor ao desmatamento 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

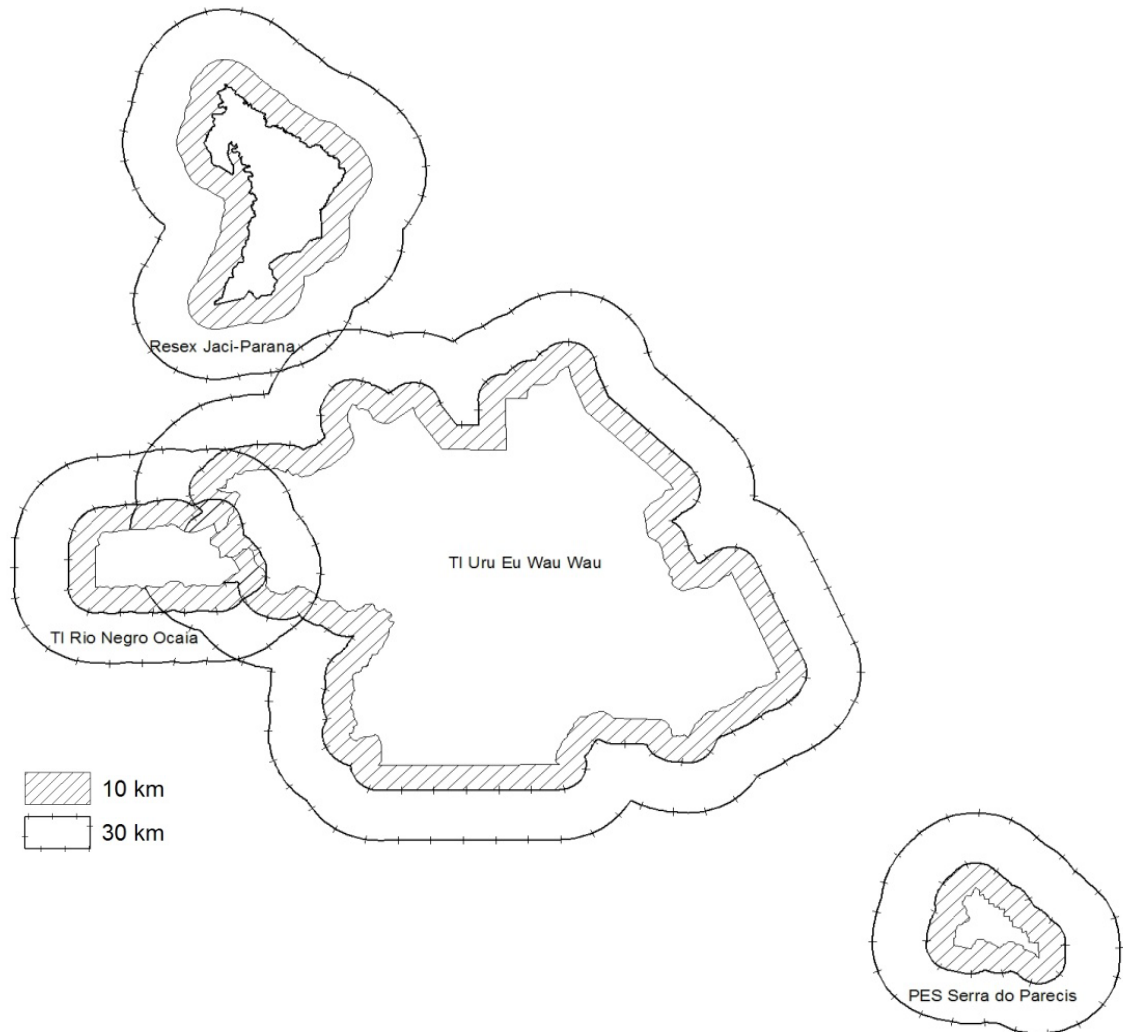
as unidades de conservação federais (sem considerar as terras indígenas) com mais de 40 unidades estaduais e 15 unidades de conservação federal.



**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 km<sup>2</sup> (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 km<sup>2</sup>. 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 km<sup>2</sup>. 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 km<sup>2</sup>. 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.

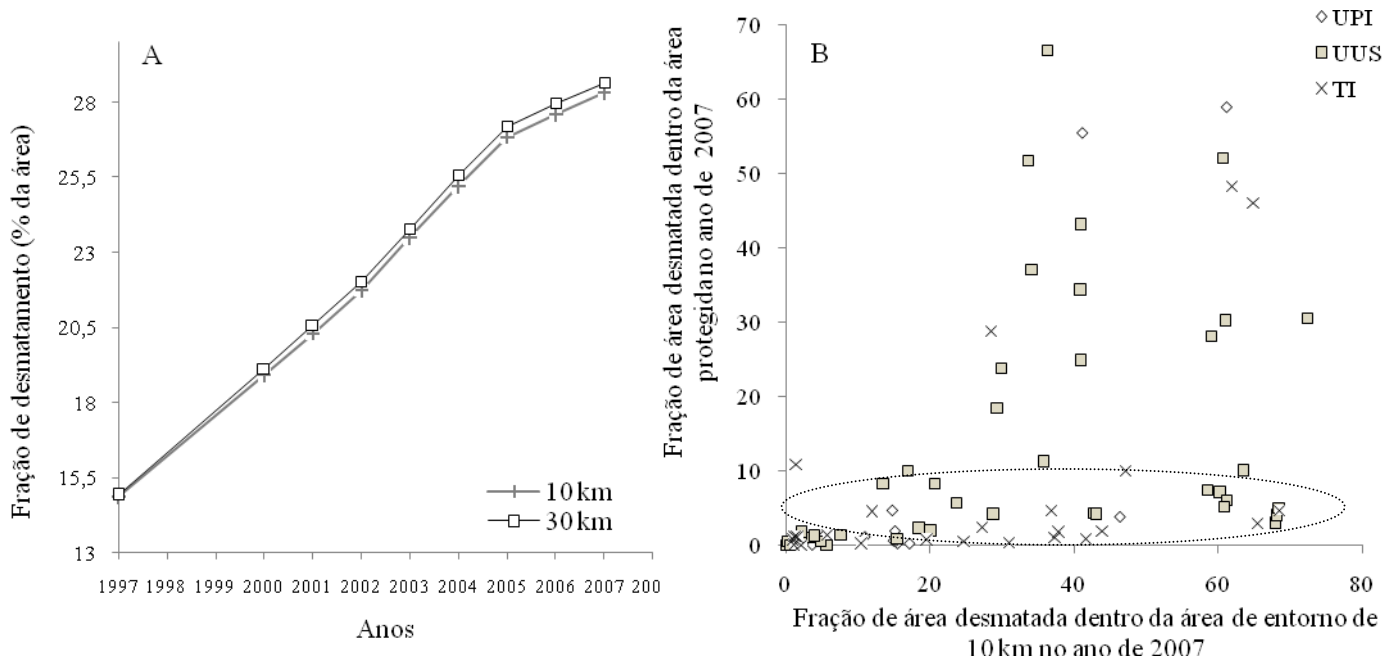
De maneira a homogeneizar nossa metodologia, não foi aplicada uma proporcionalidade em relação ao tamanho da área protegida para delimitar as áreas de entorno. Isso pode implicar que nas áreas de entorno de tamanho superiores às próprias áreas protegidas, as proporções de desmatamento sejam conseqüentemente 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 km<sup>2</sup> e uma área de entorno de 10 km de 7.620 km<sup>2</sup> (área protegida grande e área de entorno inferior a área protegida). Terra Indígena do Rio Negro Ocaia com uma área de 369 km<sup>2</sup> e uma área de entorno de 1.337 km<sup>2</sup> e o Parque Estadual Serra do Parecis com uma área de 954 km<sup>2</sup> e uma área de entorno de 10 km de 5.355 km<sup>2</sup> (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 km<sup>2</sup> e uma área de entorno de 10 km de 2.898 km<sup>2</sup> (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*

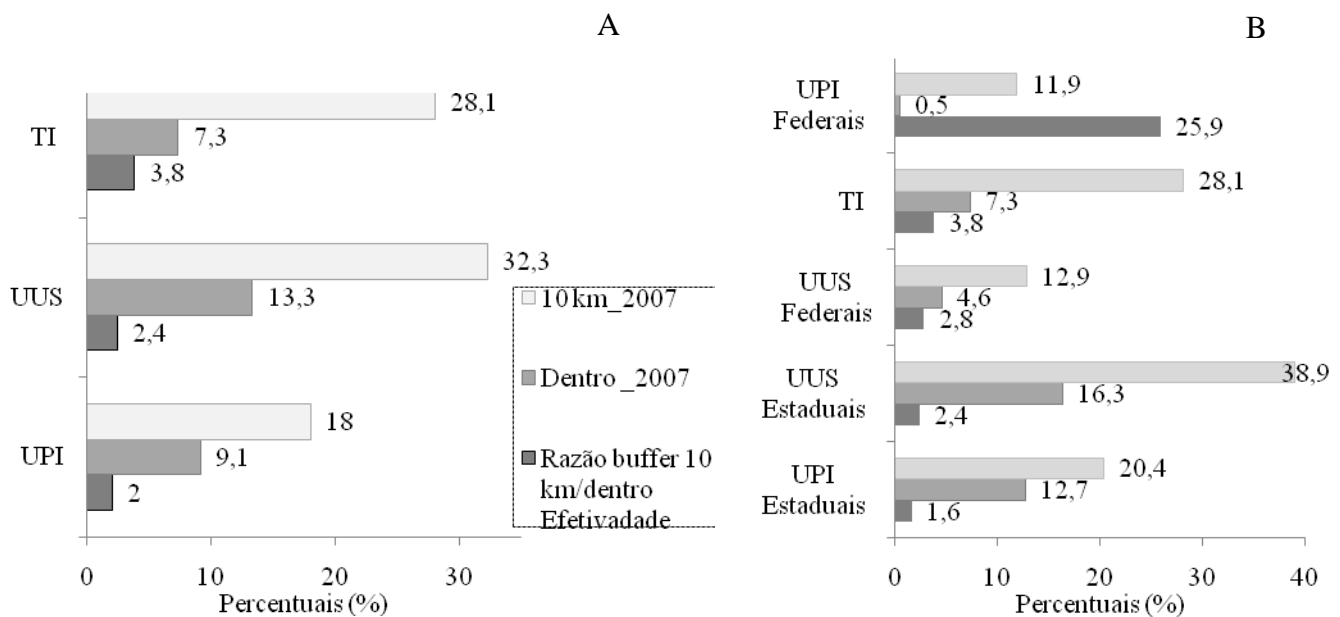
Foram analisadas as frações de desmatamento (% da área) dentro das áreas de entorno de 10 e 30 km e dentro das áreas protegidas entre 1997 e 2007 (Figura 7). A fração de desmatamento dentro da área de entorno de 10 km está correlacionada com a fração da área de entorno de 30 km (Análise de correlação,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

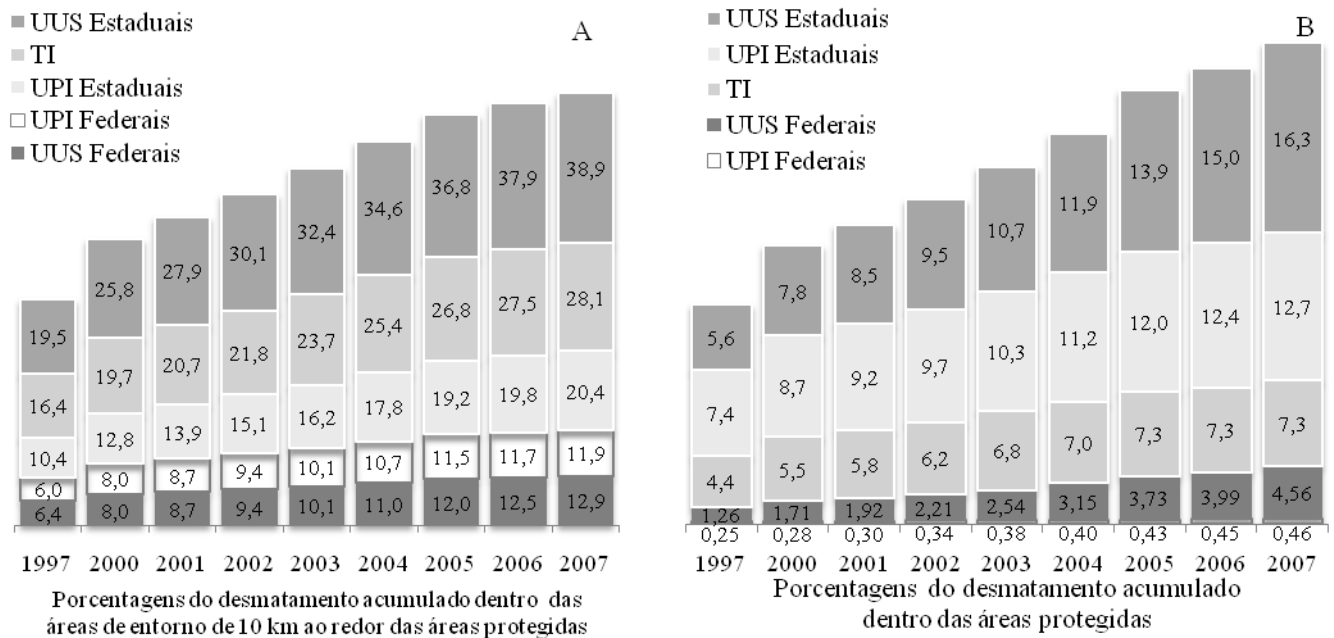


**Figura 8.** Fração de desmatamento (%) dentro e nas áreas de entorno de 10 km das áreas protegidas no ano de 2007 e a razão entre a fração de desmatamento da área de entorno de 10 km com a fração de desmatamento da área protegida. O gráfico (A) apresenta as frações de desmatamento para as categorias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

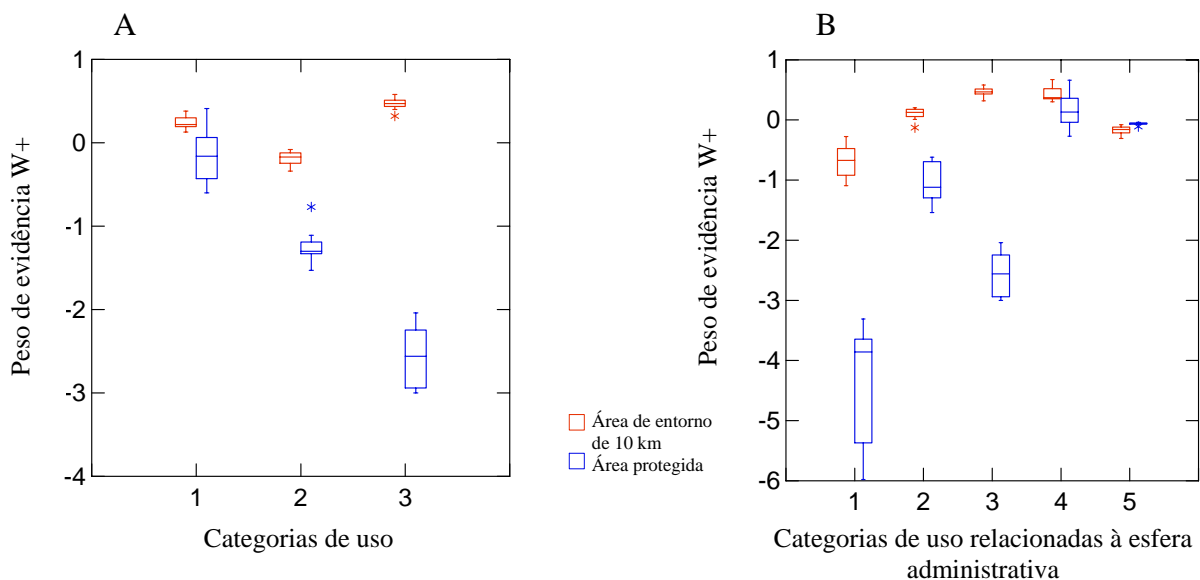
Período (Ano)	UUS		UPI		TI		UPI Est.		UPI Fed.		UUS	UUS Fed.		UUS
	Buffer	UUS	Buffer	UPI	Buffer	TI	Buffer	Est.	Buffer	Fed.	Est.	Buffer	Est.	Buffer
2000/2001	0,22	-0,39	-0,08	-1,27	0,40	-2,24	0,10	-1,26	-0,34	-3,46	0,37	0,01	-0,08	-0,06
2001/2002	0,20	-0,60	-0,13	-1,31	0,32	-2,25	0,01	-1,54	-0,28	-3,31	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.

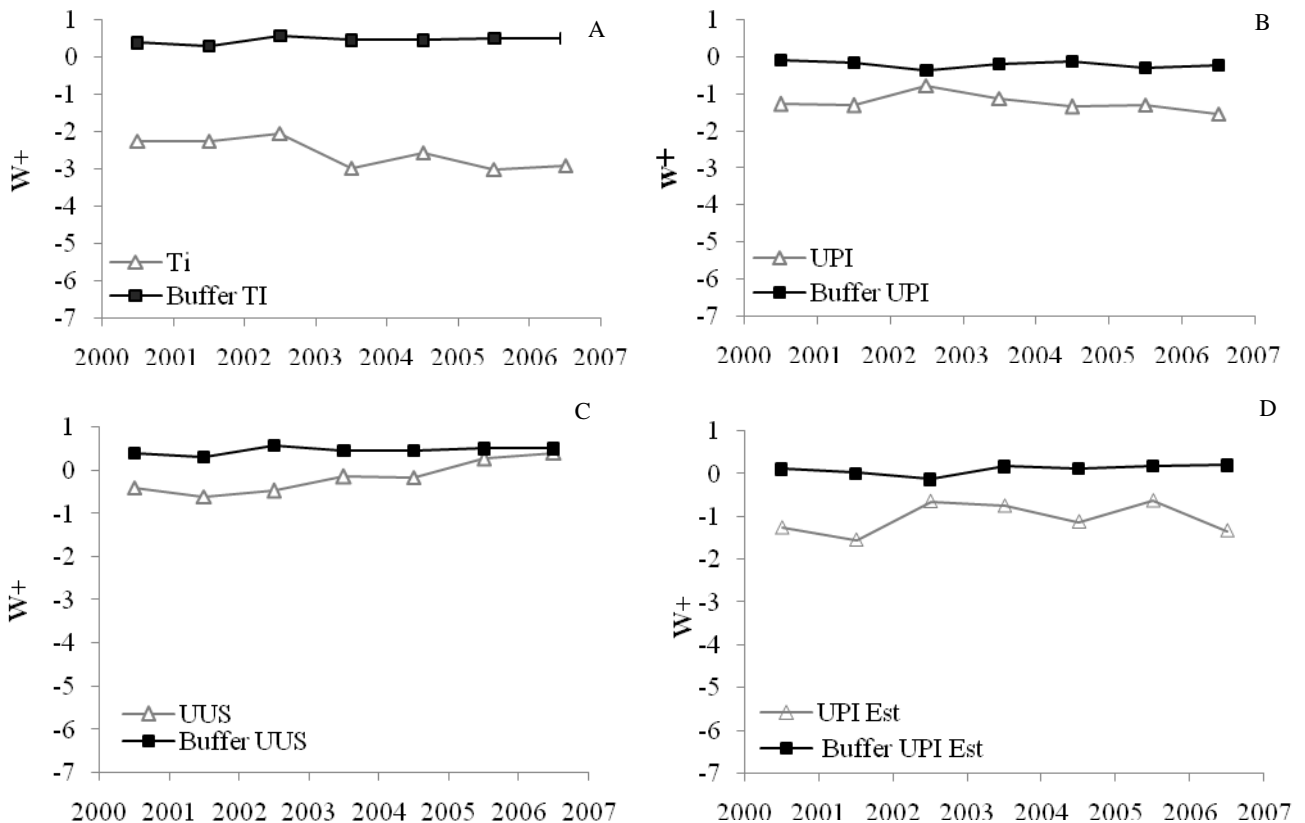
Primeiramente, foram analisados os resultados obtidos para as áreas protegidas consideradas como classes binárias (pesos homogêneos). As áreas de vizinhança apresentaram níveis diferentes de ameaça, ou seja, o peso de evidência difere em relação ao tipo de uso (Kruskal-Wallis,  $p = 0,000$ ). As áreas 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).

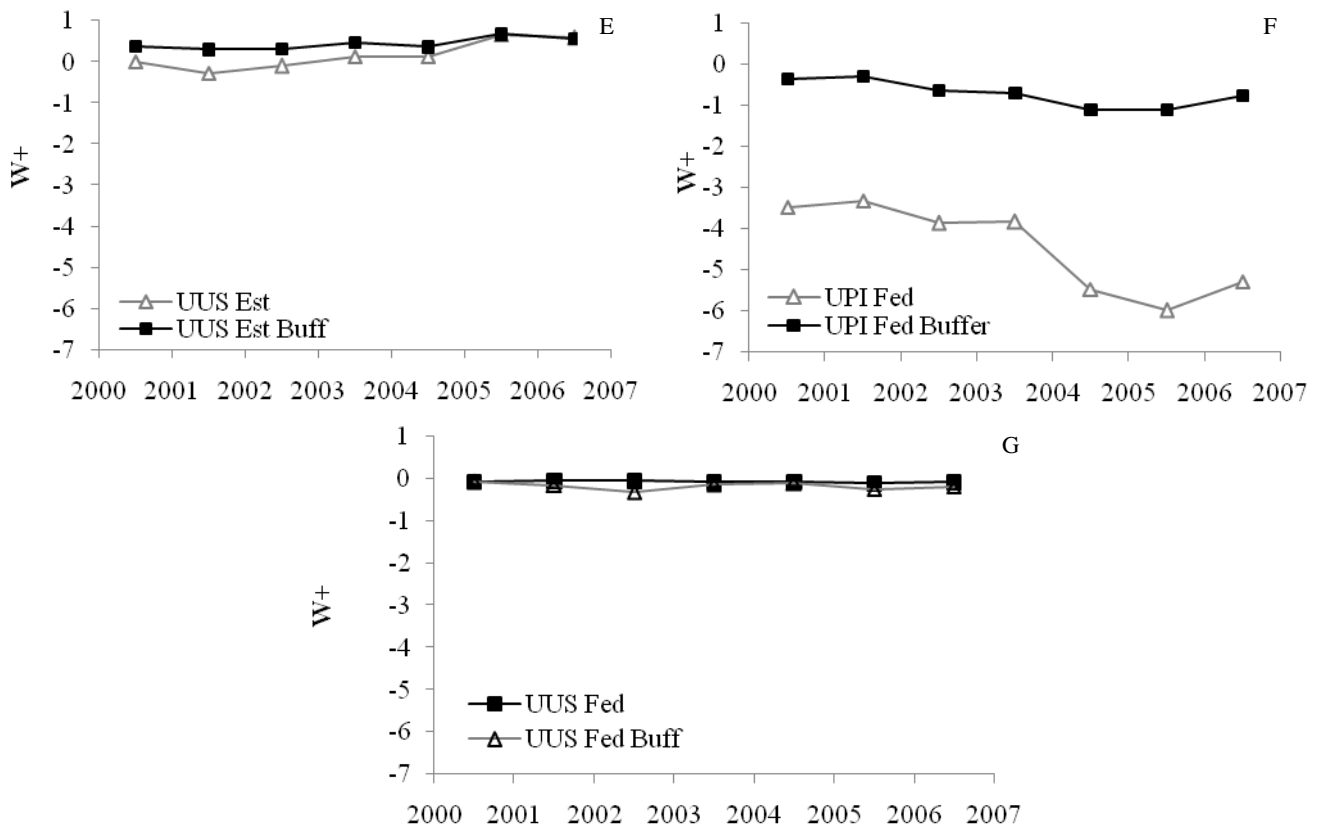


**Figura 10.** Pesos de evidência (homogêneos) das áreas protegidas e das suas áreas de entorno segundo as categorias de uso. A categoria 1 representa as UUS, a categoria 2 representa as UPI e a categoria 3 representa as TI (A). Pesos de evidência (homogêneos) das áreas protegidas e das suas áreas de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

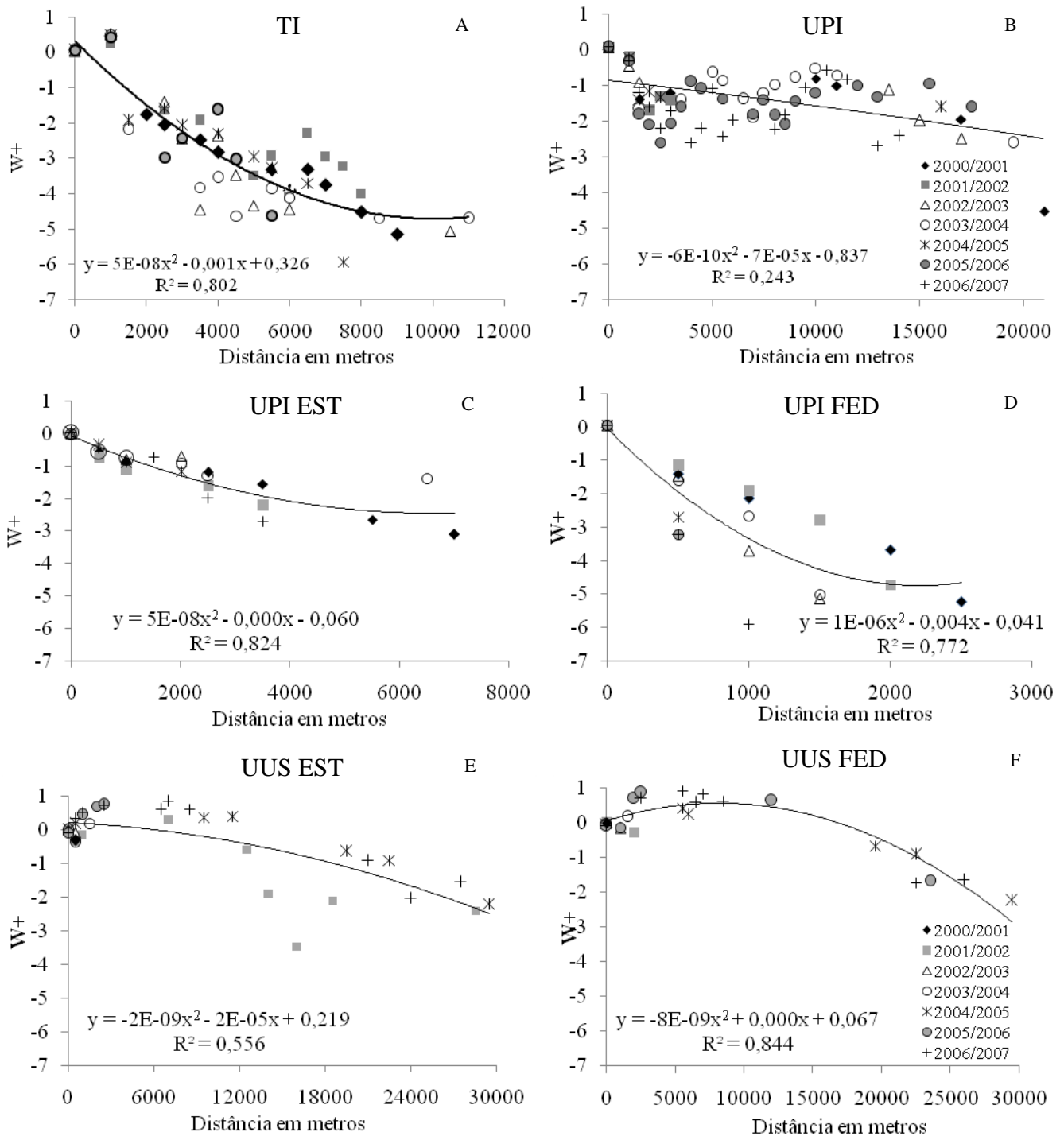




**Figura 11.** Pesos de evidência  $W^+$  das áreas protegidas da parte Sudoeste do Arco do Desmatamento (80 áreas protegidas analisadas) e nas suas áreas de entorno de 10 km entre 2000 e 2007. Os pesos de evidência das terras indígenas são apresentados no gráfico (A). Os pesos de evidência das unidades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

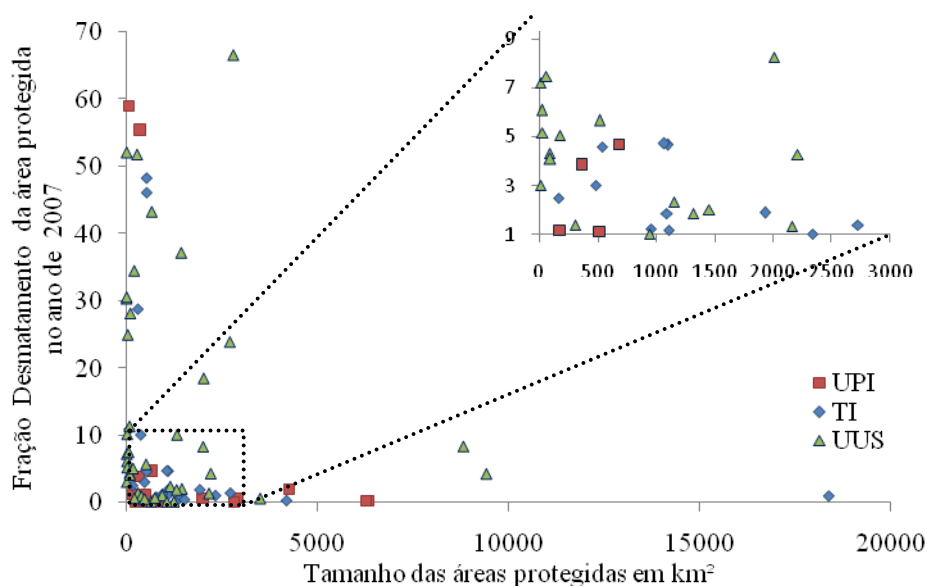


As terras indígenas apresentaram um peso de evidência que decresce assintoticamente em relação a sua distância interna para todas as transições temporais. A melhor tendência encontrada é uma tendência polinomial de segundo grau, como pode ser observado no gráfico da Figura 12. As curvas de tendência 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 km<sup>2</sup>, 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 km<sup>2</sup>.

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 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup>, quase quatro vezes maior àquele encontrado para as unidades de conservação estaduais (717 km<sup>2</sup>). 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 km<sup>2</sup>) 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 sustentável 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.