



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**DINÂMICA DO DESMATAMENTO E CONSOLIDAÇÃO DE
PROPRIEDADES RURAIS NA FRONTEIRA DE EXPANSÃO
AGROPECUÁRIA NO SUDESTE DO AMAZONAS**

GABRIEL CARDOSO CARRERO

Manaus, Amazonas

Julho, 2009

GABRIEL CARDOSO CARRERO

**DINÂMICA DO DESMATAMENTO E CONSOLIDAÇÃO DE
PROPRIEDADES RURAIS NA FRONTEIRA DE EXPANSÃO
AGROPECUÁRIA NO SUDESTE DO AMAZONAS**

Orientador: Dr. PHILIP MARTIN FEARNSIDE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do INPA, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Biologia, área de concentração em Ecologia.

Manaus, Amazonas

Julho, 2009

C314

Carrero, Gabriel Cardoso

Dinâmica do desmatamento e consolidação de propriedades rurais na fronteira de expansão agropecuária no sudeste do Amazonas / Gabriel Cardoso Carrero.--- Manaus : [s.n.], 2009.

iii, 78 f. : il.

Dissertação (mestrado)—INPA, Manaus, 2009

Orientador : Philip Martin Fearnside

Área de concentração : Ecologia

1. Desmatamento – Amazonas. 2. Assentamentos humanos – Amazonas - Aspectos ambientais. 3. Migração interna – Amazonas. . I. Título.

CDD 19. ed. 574.5264

SINOPSE:

Estudou-se a dinâmica do desmatamento em lotes do Projeto de Assentamento Rio Juma, Apuí, sul do Amazonas, Amazônia. Relacionou-se o desmatamento com o histórico de acúmulo de terras e a consolidação de propriedades rurais com determinantes migratórias, socioeconômicas e temporais das famílias, assim como de infraestrutura e de transportes.

Palavras-chave:

Amazônia, pecuária, migração, uso da terra, estrutura familiar, desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Claudio e Oralina, e a minha avó Aparecida, que sempre me guiaram e me incentivaram a correr atrás de meus sonhos, me apoiaram e me confortaram nos momentos mais difíceis e conturbados de minha vida. A meus irmãos Rafael, Daniel e Roberta por compartilhar suas vidas, anseios e conquistas comigo. A Helena pelos anos que passamos juntos e pela constante presença tanto na vida pessoal como profissional, apesar da distância geográfica. Amo vocês! Aos meus amigos e colegas que conheci em Manaus e que hoje formam minha família. A Marconi, Pancho, Juliana, Letícia, Marina e muitos outros com quem convivi no aconchego do lar. À Firulaise e Frederica, duas gatas de personalidade. Aos amigos parceiros de Viçosa (e agregados) Mari, Ju, (Pedro) Téó e (Lele). Aos colegas do curso de ecologia (de todas as turmas) ou de outros cursos, com quem convivi, em especial a Nando, Camila, Davi, Lelê, Pancho, Vitor, Marconi e Gabriel Pedreira pela ajuda no decorrer de minha pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica (CNPq) pela Bolsa de Mestrado. Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, em especial ao curso de pós-graduação em ecologia e todos seus integrantes. Sou especialmente grato a Claudia, Beverly e Rose pela solicitude e disposição em sempre colaborar para o bem andamento das “burocracias” do sistema. Vocês são nota dez! Um agradecimento especial aos professores Dr. Bruce Nelson, Dra. Flávia Costa, Dr. Gonzalo Ferraz e Dra. Marina Anciães pelas orientações no decorrer de minha pesquisa. À Dr. Bruce Nelson, Dr. Paulo Graça, Pablo Pacheco, Dr. Edwin Keiser, Rafael “Jesus”, Romulo e Dr. Francisco Maldonado pela ajuda com SIG. Ao Programa Beca do IIEB através da Fundação Moore, à Fundação Amazonas Sustentável (FAS), ao Convênio INPA (PPI.PRJ05.57), e ao Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (IDESAM) pelo suporte financeiro da pesquisa de campo. Ao IDAM e SDS pelo suporte logístico em Apuí. Aos ajudantes de campo Paulo Barni, Ricardo Romero, Camila Freitas, Haroldo e Rogimário. À equipe do IDESAM, em especial Mariano, Mariana, Riva, Garga e Kima, que forneceram documentos importantes e compartilharam suas visões e experiências sobre o tema e a região, além da amizade e companheirismo nesses dois anos. Ao Dr. Eduardo Brondízio por disponibilizar o questionário de campo, e a Amintas Brandão Jr. pela figura de desmatamento nos assentamentos da Amazônia.

Aos meus colegas de laboratório Claudia Vitel, Euler Nogueira, Paulo Barni e Aurora Yanai. Um agradecimento especial ao meu co-orientador (de direito) Dr. Paulo Maurício L. A. Graça pelo apoio incondicional nos mais diversos assuntos, que contribuiu grandemente para o delineamento e resultados dessa pesquisa. Ao meu orientador Dr. Philip M. Fearnside, que com simplicidade, vasta experiência, seriedade, poucas palavras e abordagem visionária em suas pesquisas me ensinou muita coisa além de fazer pesquisa, e não me deixou nunca perder o foco do tema e da importância cabal da floresta amazônica para o futuro da humanidade.

A todos os apuienses de nascimento e de coração que, com suor e trabalho, buscam uma condição melhor de vida!

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para essa pesquisa e que me esqueci de mencionar. Muito obrigado!

RESUMO

As fronteiras de expansão do desmatamento na Amazônia são compostas por sub-regiões que apresentam diferentes velocidades de mudança da paisagem. Padrões migratórios se tornam mais complexos com o decorrer do tempo desde a abertura à colonização da Amazônia Brasileira nos anos de 1970, assim como as estratégias dos diferentes atores da população humana sobre o uso e mudança do uso da terra. Este estudo busca entender questões relacionadas às novas fronteiras de desmatamento, principalmente aquelas localizadas em regiões de alta pluviosidade anual. Foi estudada a dinâmica do desmatamento e de consolidação da atividade pecuária nas propriedades rurais no município de Apuí dentro do Projeto de Assentamento Rio Juma (PARJ). Procurou-se relacionar o efeito do isolamento geográfico e do clima de alta pluviosidade quando comparada à pluviosidade no “arco do desmatamento”, com a intenção de tentar explicar quais os padrões e processos que contribuem para o avanço da pecuária em regiões como essas, mesmo considerando que elas são desvantajosas e apresentam rentabilidades baixíssimas. A análise de unidades familiares considerou a área total acumulada de forma contínua e, através de árvores de regressão, identificou-se um uso e mudança do uso da terra distinto relacionado à área desmatada. O resultado obtido para os diferentes tipos de atores envolvidos nas atividades de desmatamento e de consolidação da infraestrutura pecuária em seus lotes dependeu da cobertura vegetal herdada e do tempo de permanência da unidade familiar, geralmente correlacionada com o capital disponível para investimento. A expansão e consolidação da pecuária não parecem estar ligadas à sua rentabilidade, e sim ao investimento de outras fontes. Essa constatação aponta o caráter especulativo dessa atividade mesmo para pequenos e médios proprietários, e que faltam ainda dados que comprovem de onde vem o capital que é investido na expansão da pecuária. A crescente consolidação da terra em fazendas maiores e mais capitalizadas indica o potencial para altas taxas de desmatamento no futuro. Essas constatações também indicam o deslocamento de um contingente de pequenos agricultores para outras fronteiras e a continuação do desmatamento nessas áreas. Foi verificado que fatores macroeconômicos não afetam ou resultam em respostas atrasadas de desmatamento quando comparados a outros estudos. Além da distância aos mercados, a maior pluviosidade anual parece ter contribuído para taxas iniciais de desmatamento menores que em regiões de menor pluviosidade. O acúmulo de área desmatada nos lotes não tendeu a estabilizar entre 3 e 6 anos conforme outros estudos, e pareceu estar associado à constante mudança de proprietários ocupando os lotes com maior capital para investir em derrubadas. Também a pouca fiscalização ambiental, e principalmente a falta de alternativas produtivas economicamente viáveis além da pecuária extensiva, indicam que mesmo desvantajosa essa última não é inviabilizada. Nessa escala de análise não foi possível concluir quais os fatores e em que proporção eles contribuem para o avanço da pecuária. Contudo, recentemente a maior presença de madeiras, da atividade de garimpos e a especulação de terra, de comerciantes pecuaristas e de fontes ilícitas parecem ser importantes fontes de capital investido na pecuária, como esse capital não parece ser obtido da rentabilidade dessa atividade. Tampouco, a pecuária demonstrou sofrer efeitos diretos de políticas e indicadores macroeconômicos, como o produto interno bruto ou variação da taxa de câmbio. Por fim, a heterogeneidade das fronteiras de desmatamento, sob efeito de mudanças locais e regionais em sua evolução, indica que padrões e processos são constantemente re-estruturados de acordo com as oportunidades temporais locais. A complexidade de relações entre os atores envolvidos no desmatamento deve ser melhor compreendida e incluída em modelos espaciais de dinâmica do uso da terra que têm o objetivo de prever o curso e as taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira.

ABSTRACT

Deforestation frontiers in Amazônia are represented by sub-regions co-existing side by side, exhibiting a distinct rate of landscape change. Migration patterns have become more complex with the passage of time since the opening of the Brazilian Amazon for colonization in the 1970s. Moreover, the financial relationships and strategies among different actors in the human population contribute to increase complexity in predicting their effects in land use and land cover change. This study aims to elucidate some of the questions related to new deforestation frontiers, mainly those located in regions with high annual precipitation. The study presents the deforestation dynamics and the rapid consolidation of cattle ranching in rural properties in the Rio Juma Settlement Project, in Apuí municipality. We assess the effects of geographic remoteness and of the high-precipitation climate of this region, as compared to the “arc of deforestation”. This attempt is valuable in disentangling the patterns and processes that contribute to the expansion of cattle ranching in regions like this, even though regions like this one offer many disadvantages and extremely low revenues. The analysis carried out in the first article used the total cumulative area holding as a continuous variable. Through the regression tree analysis method, it was possible to identify the distinct effects that different types of actors have on land use and land use change as related to the total deforested area. The result of these different actors on deforestation activities and farm consolidation of livestock infra-structure on their farm lots depended on the inherited vegetation cover and on the length of time on the farm lot, which is often related to the amount of capital available for investment. The expansion and consolidation of cattle ranching seems not to be linked to its profitability, but rather to other financial sources of the household or an illegal appropriation of financial resources (almost always public). This shows that the speculative character of cattle ranching in Amazonia even extends to small and medium landholders. The increase of farm consolidation in bigger and more capitalized farms indicates the potential for high deforestation rates in the future. These findings also reveal the displacement of a small peasant household contingent towards other frontiers leading to deforestation in those areas. The second article shows that macroeconomic factors do not affect or result in delayed deforestation responses when compared to other regions with lower annual average precipitation. The deforested area accumulated on the farm lots did not tend to stabilize between 3 and 6 years after settlement, and seemed to be associated with high turnover of landowners occupying the lots and the initial wealth allocated to forest felling. Moreover, the low level of law enforcement and the lack of alternative types of production that are economically feasible indicate that livestock, even though disadvantageous, is not infeasible. At this scale of analysis it was not possible to conclude what the factors are, and in what proportions they contribute to the expansion of cattle ranching. However, recently the increasing roles of sawmills and logging operations, gold mining and land speculation appear to be important sources of the financial resources applied to cattle ranching activities, as the funds for the ranching investments does not appear to be the livestock itself. Also, in Apuí cattle ranching does not seem to respond to direct effects of macroeconomic indicators such as gross domestic product or fluctuations of the exchange rate. Rather, the heterogeneity of deforestation frontiers as affected by local and regional effects evolve in a way that indicates that patterns and processes are often re-structured according to temporal local opportunities. The complexity of relations among deforestation actors must be better understood and included in spatial models of land-use dynamics if these models are to predict the future course and the rates of deforestation in Brazilian Amazônia.

LISTA DE TABELAS

Artigo I

Tabela 1. Descrição das variáveis utilizadas na análise de árvores de regressão.....12

Tabela 2. Características da estrutura familiar da amostra de unidades familiares estudadas e das suas propriedades (a); origem e migração (b).....14

Tabela 3. Unidades familiares e tipo e preço da produção no segundo semestre de 2008 (a); créditos recebidos no Apuí e situação do pagamento (b) (n=83).....16

Tabela 4. Valores médios (desvio padrão) das variáveis eleitas pelo modelo e do desmatamento total das 81 unidades familiares agrupadas em 6 folhas de acordo com a árvore de regressão, com médias consideradas na folha em negrito.....19

Artigo II

Tabela 1. Imagens de satélite utilizadas na coleta dos dados, sensores, datas e bandas utilizadas para compor uma imagem RGB.....42

Tabela 2. Distribuição de lotes do assentamento em grupos de coortes e área ocupada nos períodos.....47

LISTA DE FIGURAS

Artigo I

Figura 1. Localização da área da gleba Juma na fronteira de desmatamento com projetos de assentamento e suas porcentagens desmatadas (*Fonte:* Brandão and Souza Jr., 2006), e área de estudo delimitada pelo perímetro de lotes do PARJ e pelos lotes com desmatamento.....08

Figura 2. Evolução do rebanho bovino e do desmatamento no município de Apuí entre 1990 e 2008.....09

Figura 3. Conjunto de propriedades selecionadas na amostra de 83 unidades familiares. Diferentes cores representam cada uma das unidades familiares.....15

Figura 4. Porcentagens de tipos cobertura vegetal das propriedades de 83 unidades familiares (n=325) referentes a dois pontos no tempo (1= na aquisição ou ocupação da propriedade, 2= no ano de 2008) agrupadas em duas classes: (a)- propriedades ocupadas com cobertura 100% floresta e tempo de permanência médio nos lotes de 8,83 anos ($\pm 6,57$); (b)- propriedades adquiridas de proprietários anteriores com cobertura vegetal herdada e tempo de permanência médio nos lotes de 6,66 anos ($\pm 5,65$).....17

Figura 5. Árvore de regressão com o desmatamento total em 2008 como variável dependente. Valores abaixo dos nós representam a porcentagem de redução do erro, ou quanto aquela divisão conseguiu explicar a variação dos dados. Os valores das folhas terminais representam a área média desmatada e o número de unidades amostrais respectivas.....19

Figura 6. Proporção das médias de uso da terra das folhas (grupos) gerados a partir da análise de árvore de regressão.....20

Figura 7. Árvore de regressão da área total de lotes em relação às variáveis da unidade familiar utilizando validação cruzada para selecionar a menor árvore dentro de 1 desvio padrão da árvore total (a), e sem validação cruzada (b).....21

Artigo II

Figura 1. Localização da área da gleba Juma na fronteira de desmatamento e área de estudo delimitada pelo perímetro de lotes do PARJ e pelos lotes com desmatamento.....39

Figura 2. Evolução do rebanho bovino e do desmatamento no município de Apuí entre 1990 e 2008.....41

Figura 3. Desmatamento acumulado dentro do perímetro da grade de lotes do P.A. Rio Juma, dividido por período de transição.....43

Figura 4. Distribuição de lotes do assentamento por grupos de coortes.....44

Figura 5. Desmatamento acumulado nos lotes por ano e taxa de desmatamento anualizada por período.....46

Figura 6. A trajetória das taxas de desmatamento anual representada pela média (em hectares) dos lotes para as diferentes coortes nas diferentes imagens.....48

- Figura 7.** Proporção de área desmatada do lote em relação ao tempo de permanência para os lotes das coortes C82-85, C86-88, C89-92 e C93-94. ($R^2 = 0,373$, $p < 0,000$).....48
- Figura 8.** Proporção de desmatamento acumulado dos lotes em relação ao tempo de permanência para as quatro coortes mais antigas até 2008 ($p < 0,000$).....49
- Figura 9.** Índice de correlação “I” de Moran para proporção de desmatamento acumulado em 2008 para todos os lotes com desmatamento ($n=4023$) no P.A. Rio Juma, divididos em 22 classes de distâncias com 316,000 pares cada (losangos preenchidos $p < 0,001$; losango vazio $p = 0,997$).....50

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVO	2
<u>Artigo I</u> - DINÂMICA DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA, APUÍ: PADRÕES MIGRATÓRIOS E PROCESSOS DE ALOCAÇÃO DO USO DA TERRA ENTRE UNIDADES FAMILIARES.....	3
INTRODUÇÃO	4
MÉTODOS.....	6
Área de Estudo	6
Coleta e Análise de Dados	9
RESULTADOS	13
Características das unidades familiares	13
Uso da terra, manejo e transporte.....	15
Características das unidades familiares e desmatamento acumulado	17
DISCUSSÃO	21
Estrutura familiar	21
Dinâmica populacional	22
Situação Fundiária.....	23
Uso da terra, manejo e transporte.....	24
Desmatamento e unidades familiares.....	25
CONCLUSÃO.....	27
LITERATURA CITADA.....	28
<u>Artigo II</u> - O ENIGMA DO APUÍ: PADRÕES DE EVOLUÇÃO DO DESMATAMENTO E CONSOLIDAÇÃO DA PECUÁRIA DESAFIANDO A LÓGICA DE ECONOMISTAS, AGRÔNOMOS E GOVERNOS.....	35
RESUMO.....	35
INTRODUÇÃO	36
MÉTODOS.....	38
Área de estudo	38
Coleta e Análise de Dados	41
Lotes do P.A. Rio Juma	43
Desmatamento nos lotes e definição de Coortes	43

Taxas de desmatamento nas coortes.....	44
Auto-correlação espacial	45
Dados das unidades familiares.....	45
RESULTADOS	45
DISCUSSÃO	50
Desmatamento do PARJ	50
Ocupação dos lotes.....	50
Efeitos de idade e de período.....	51
Acúmulo do desmatamento nos lotes e a pecuária.....	53
CONCLUSÃO.....	56
LITERATURA CITADA.....	57
CONCLUSÃO GERAL	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

INTRODUÇÃO

O desmatamento na Amazônia configura-se como um problema ambiental de extremo risco para o ecossistema global e tem impactos diretos no clima com a emissão de gases de efeito-estufa, no ciclo da água e na conservação da biodiversidade. Além de sofrer com prejuízos climáticos e ambientais, a Amazônia Brasileira constitui-se como uma das três regiões do globo para a expansão da exploração dos recursos naturais e é estratégica dentro do contexto logístico da América do Sul (Becker 2005). O governo militar brasileiro executou um plano geopolítico que contou com fortes subsídios para atrair capital para pecuária (Mahar 1979, Fearnside 1986) e extração de madeira (Uhl et al. 1991), visando gerar excedentes agrícolas para a exportação. Intensificou a expansão da rede de estradas sobre a região amazônica a partir da década de 1970, com a criação do Programa de Integração Nacional (Brasil, PIN 1972). A integração também incluiu a criação de vários assentamentos agrícolas, executada pelo recém-criado Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e em seguida também pelos institutos de terras estaduais. O processo de movimentação da população determinando as taxas de avanço do desmatamento inclui diferentes tipos de atores e impactos. A identificação de atores-chave envolvidos e sua movimentação (e de seus investimentos) por entre as fronteiras são importantíssimas para determinar o provável curso futuro do desmatamento (Fearnside 2008).

Recentemente, existe a tendência de expansão das fronteiras rurais em direção ao centro da Amazônia (Laurance 2000, Fearnside e Graça 2006) em assentamentos e garimpos com o aumento da migração intra-regional (Ozório de Almeida e Campari 1995, Perz 2002), principalmente para o sul de Roraima, norte do Mato-Grosso e sul do Amazonas (Sawyer 2001). Este estudo tem o objetivo de elucidar algumas questões relacionadas à novas fronteiras de desmatamento, principalmente aquelas localizadas em regiões de alta pluviosidade anual na Amazônia, apresentando a dinâmica de desmatamento voltada à consolidação da atividade pecuária nas propriedades rurais no município de Apuí dentro do Projeto de Assentamento (P.A.) do Rio Juma. No primeiro artigo foram abordadas as causas proximais do desmatamento, considerando os efeitos de migração, de estrutura familiar, de acúmulo de terras e mudança e uso da terra pelas unidades familiares, úteis para explicar o desmatamento através da separação dos atores em grupos com características similares reveladas pela área desmatada e área total ocupada por eles. No segundo artigo foi abordada a dinâmica do desmatamento em escala regional, ou seja, em toda a paisagem de desmatamento

dentro do P.A. Rio Juma, dividindo os lotes em coortes que representam o início da ocupação e desmatamento desses. Em ambos os artigos procurou-se relacionar o efeito do isolamento geográfico e do clima excessivamente chuvoso da região, em comparação ao “arco do desmatamento”, na tentativa de explicar quais os padrões e processos que contribuem para o avanço da pecuária em regiões como essas, mesmo considerando que elas são desvantajosas e apresentam rentabilidades baixíssimas e até negativas (Schneider et al. 2000, Razera 2005, Cenamo e Carrero, no prelo (a)).

OBJETIVO

Avaliar a dinâmica do desmatamento em lotes do PA Rio Juma, relacionando o histórico de acúmulo de terras e consolidação de propriedades rurais com determinantes migratórias, socioeconômicas e temporais das famílias, de infraestrutura e de transportes.

ARTIGO 1

DINÂMICA DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA, APUÍ: PADRÕES MIGRATÓRIOS E PROCESSOS DE ALOCAÇÃO DO USO DA TERRA ENTRE UNIDADES FAMILIARES¹

Gabriel C. Carrero*², Philip M. Fearnside²

RESUMO

As fronteiras de expansão do desmatamento na Amazônia são compostas por sub-regiões apresentando diferentes velocidades de mudança da paisagem. Padrões migratórios se tornam mais complexos com o aumento do tempo de abertura à colonização da Amazônia Brasileira, assim como as estratégias e relações dos diferentes atores da população humana na resposta sobre o uso e mudança do uso da terra. O artigo aborda fatores de migração, estrutura e economia familiar, tempo de ocupação e transporte afetando as estratégias dos atores sobre o desmatamento em um projeto de assentamento na região sudeste do Amazonas, município de Apuí. A análise de unidades familiares considerou a área total acumulada de forma contínua, e através de árvores de regressão pode identificar o efeito distinto no uso e mudança do uso da terra relacionado à área desmatada. Por esse mesmo método foi analisado o acúmulo de terras como fator de diferenciação de estratégias de produção ou de investimento entre os atores. O resultado dos diferentes tipos de atores nas atividades de desmatamento e de consolidação da infraestrutura pecuária em seus lotes dependeu da cobertura vegetal herdada e do tempo de permanência da unidade familiar, geralmente correlacionada com capital disponível para investimento. A expansão e consolidação da pecuária não parecem estar ligadas à sua rentabilidade, e sim ao investimento de outras fontes, configurando o caráter especulativo dessa atividade na Amazônia mesmo para pequenos e médios proprietários. Contudo, a fonte de dinheiro para o investimento varia grandemente e raramente vem da atividade pecuária, podendo vir do comércio, de empregos públicos ou de fontes desconhecidas. A crescente consolidação da terra em fazendas maiores e mais capitalizadas indica o potencial para altas taxas de desmatamento no futuro. Essas constatações também indicam o deslocamento de um contingente de pequenos agricultores para outras fronteiras e a continuação do desmatamento nessas áreas. Essa complexidade de relações entre os atores envolvidos no desmatamento deve ser contabilizada em modelos espaciais de dinâmica do uso da terra que têm o objetivo de prever o curso e as taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira.

Palavras-chave: Amazônia, migração, estrutura familiar, pecuária, uso da terra.

¹ Este artigo está formatado conforme as normas do periódico *Ecology and Society*:

*E-mail para correspondência: carrerogc@gmail.com

² Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, Amazonas, Brasil.

INTRODUÇÃO

O desmatamento na Amazônia apresenta-se como um problema ambiental de extremo risco para o ecossistema global e tem impactos diretos no clima com a emissão de gases de efeito-estufa, no ciclo da água e na conservação da biodiversidade. Além de sofrer com prejuízos climáticos e ambientais, a Amazônia brasileira constitui-se como uma das três regiões do globo para a expansão da exploração dos recursos naturais e é estratégica dentro do contexto logístico da América do Sul (Becker 2005). O governo militar brasileiro executou um plano geopolítico que contou com fortes subsídios para atrair capital para pecuária (Mahar 1979, Fearnside 1986) e extração de madeira (Uhl et al. 1991), visando gerar excedentes agrícolas para a exportação. Intensificou a expansão da rede de estradas sobre a região amazônica a partir da década de 1970, com a criação do Programa de Integração Nacional (Brasil, PIN 1972). A integração também incluiu a criação de vários assentamentos agrícolas, executada pelo recém-criado Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e em seguida também pelos institutos de terras estaduais. Muitas famílias de agricultores do sul do Brasil deslocados pela mecanização da agricultura e grandes obras de infraestrutura migraram para colonizar a região, junto populações do nordeste do Brasil motivadas por fortes secas como as de 1957-58 e a de 1970 (Fearnside 1986). O processo de movimentação da população determinando as taxas de avanço do desmatamento inclui diferentes tipos de atores e impactos. A identificação de atores-chave envolvidos e sua movimentação (e de seus investimentos) por entre as fronteiras são importantíssimas para determinar o provável curso futuro do desmatamento (Fearnside 2008).

As fronteiras de expansão do desmatamento na Amazônia são compostas por sub-regiões que apresentam diferentes velocidades de mudança da paisagem (Brondízio et al. 2002, Soares-Filho et al. 2006, Aguiar et al. 2007). Recentemente, existe a tendência de expansão das fronteiras rurais em direção ao centro da Amazônia (Laurance 2000, Fearnside e Graça 2006) em assentamentos e garimpos com o aumento da migração intra-regional (Ozório de Almeida e Campari 1995, Perz 2002), principalmente para o sul de Roraima, norte do Mato-Grosso e sul do Amazonas (Sawyer 2001). Essa migração intra-regional parece contribuir diretamente para o aumento das taxas de desmatamento verificado em municípios no sul do Amazonas (Brasil, INPE 2009). Possibilidades e limitações regionais afetam diretamente a resposta da população rural sobre o uso da terra e mudança na cobertura vegetal (Lambin et al. 2001). Por tais discontinuidades temporais e espaciais, existe grande dificuldade em se conseguir um modelo geral que represente o processo de modificação da paisagem nas fronteiras de desmatamento. Separar os fatores em proximais e subjacentes facilita a identificação e compreensão da dinâmica do desmatamento (Fearnside 1987, Carr et al. 2005). Fatores proximais são aqueles representando a ação humana imediata no nível local que impacte a floresta, enquanto que os subjacentes são aqueles processos sociais fundamentais, como a dinâmica populacional, as políticas agrícolas, as reformas agrária e econômica que suportam os proximais e operam tanto no nível local como nos níveis nacional e global (Fearnside 1987, Geist e Lambin 2002).

A complexidade e heterogeneidade de atores, padrões e processos impõem dificuldades metodológicas e de análise dos dados de causas relacionadas à população-desmatamento (Allen e Starr 1982, Wolf e Allen 1995, Kaimowitz e Angelsen 1998, Carr 2002; Rindfuss et al. 2004). As causas proximais variam grandemente de local para local, sendo que em projetos de assentamento podem-se ter limites bem definidos para comparar a transformação que

determinada pessoa ou família exerce na mudança da cobertura vegetal. Neste caso, a taxa de desmatamento reflete processos que estão relacionados ao tempo da família ou pessoa em determinada propriedade ou região, à estrutura familiar e aos efeitos de períodos pontuais (McCracken et al. 2002) sob condições diversas de mercado, infraestrutura e ambientais (Brondízio et al. 2002, Carr et al. 2005, Liu et al. 2007, Wu 2008). A complexidade aumenta quanto maior as mudanças dos agentes proximais que operam e usam determinada porção de terra. As terras nas fronteiras geralmente são vendidas e ficam sob uso de proprietários com características culturais e socioeconômicas diferentes e os períodos distintos levam ao aumento da variedade das trajetórias de desmatamento diferentes nas propriedades rurais.

A multitude de pesquisadores de diferentes disciplinas elegendo variáveis de suas áreas de atuação limita a obtenção de resultados consistentes entre os estudos de desmatamento e uso da terra (Geist e Lambin 2002, Vosti et al. 2002, Carr et al. 2005, Liu et al. 2007). Estudos que focam unidades familiares (proprietários) são poucos para se discernir padrões amplos, em parte pela dificuldade envolvida no esforço de coleta de dados nesse nível, embora gerem informações e teorias mais robustas de aplicação direta (Vosti et al. 2002). A maioria desses estudos se concentra em proprietários em projetos de assentamento com pequenas propriedades (*e.g.* Fearnside 1980, 1984, Pichón 1997, Marquete et al. 1998, Brondízio et al. 2002, Walker 2003), e estudos para proprietários maiores são ainda insipientes (Margulis 2000). Uma correlação negativa entre área da propriedade agrícola e a proporção de floresta derrubada foi identificada por alguns autores (Pichón 1997, Dantona et al. 2006), enquanto que em Carr (2004) essa correlação foi positiva. A área total da propriedade geralmente é considerada para separar os dados em classes de pequenos, médios e grandes proprietários (*e.g.* Fearnside 1993, Walker et al. 2000), emergindo controvérsias sobre o que move, qual a proporção do desmatamento da Amazônia e qual o impacto futuro pode-se atribuir a cada classe (Fearnside 1993, Faminow 1998, Fearnside 1999).

A tendência de unidades familiares acumularem continuamente terras nas fronteiras de expansão (Hecht 1993) sugere que essas classes falham em representar o papel dinâmico da ação que cada migrante pode executar ao longo do tempo. Por exemplo, a especulação de terras é uma prática difundida nas fronteiras do desmatamento, e pode ser extremamente lucrativa (*e.g.* FAO/CP 1987), possibilitando o migrante a acumular capital inicial para investir na consolidação em outras áreas. Essa prática ocorre em vários assentamentos na Amazônia, e não necessariamente o lote é vendido com o título da terra. O preço cobrado pela propriedade reflete as benfeitorias e os usos da terra implantados ou a necessidade imediata do vendedor. Independente se a razão é a venda, a pastagem é a forma mais barata de demonstrar o uso da terra para requerer a titulação (Schmink e Wood, 1992) e indiscutivelmente a atividade predominante sob as áreas desmatadas da Amazônia brasileira (Greenpeace 2008).

Os recém-chegados migrantes geralmente com maior capital têm a intenção de acumular terras para a atividade de pecuária extensiva (Fearnside 1980, Mahar 1989). Os lotes comprados por recém-migrantes são geralmente agrupados formando uma pequena fazenda ou espalhados sobre uma região de ação do proprietário (*e.g.*, Caldas et al. 2007, Fearnside 2008). A distância entre as propriedades de um mesmo proprietário leva conseqüentemente a mudanças no padrão de uso da terra, denotando estratégias dos proprietários envolvidas na aquisição das terras, que podem ter fins especulativos, agropecuários ou florestais. Em alguns estudos há correlação positiva entre tamanho da propriedade e do rebanho bovino (Downing et al. 1992, Kaimowitz 1996, Faminow e Vosti 1998), e também entre rebanho bovino e a taxa de câmbio e a disponibilidade de crédito doméstico (Moran 1981, Hecht 1993). As áreas

com solos mais férteis são predominantemente desmatadas (Moran 1987), porém faltam ainda explicações consistentes sobre a lógica econômica da expansão da pecuária sobre solos inférteis de baixa produtividade das pastagens e baixa densidade de cabeças por área de pastos (Chomitz e Thomas 2001). Taxas de retorno na Amazônia variam entre 3 e 15% (Schneider et al. 2000, Arima et al. 2005) sendo que na região do Apuí, sul do Amazonas, foram reportadas taxas negativas (Razera 2005) dependendo da taxa de desconto e da valorização do preço da terra utilizada. A definição de rentabilidade da pecuária de acordo com a definição da área produtiva da propriedade (*i.e.*, 20% da área e o restante é considerado Reserva Legal na Amazônia) é fundamental para a análise econômica. A rentabilidade da pecuária em Apuí está diretamente associada à proporção de reserva legal da propriedade, sendo negativa quando apresenta área de reserva legal acima de 36% em propriedades rurais de 500 hectares (Cenamo e Carrero *no prelo A*). A maioria dos estudos de rentabilidade da pecuária não faz referência aos cumprimentos da legislação ambiental. Analisando a rentabilidade da pecuária apenas em relação aos custos e receitas, não se contabiliza as externalidades ambientais. Para pequenos proprietários, a pecuária sugere ser impraticável na Amazônia se a legislação ambiental é cumprida.

Este trabalho considera variáveis de uso da terra, tamanho do rebanho, características da estrutura familiar, a dinâmica de migração (e de investimentos) e o período de permanência de unidades familiares no Apuí para separar a contribuição de atores diferentes no processo de desmatamento e alocação do uso da terra. Compreender os processos sociais e micro-econômicos e como eles moldam as respostas das unidades familiares no acúmulo de terras e na consolidação da pecuária são considerados fatores chave para a calibração realística de modelos espaciais de projeção do desmatamento.

MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo compreende o Projeto de Assentamento Rio Juma (PARJ) (e algumas propriedades vizinhas) localizado no Município de Apuí ao longo de uma faixa de aproximadamente 110 km entre as margens da Rodovia Transamazônica (BR-230), Latitude 7,20°S e Longitude 59,89°W, sudeste do Amazonas (Fig. 1). A área apresenta altitude média de 135 metros acima do nível do mar com relevo plano a moderadamente ondulado (RADAMBRASIL, 1978). A precipitação média anual está predominantemente entre 2200 e 2400 milímetros anuais e a temperatura média anual varia entre 25° e 27° C, com umidade relativa do ar média em 85%. A classificação climática é a tropical de monções (Köppen 1948) com um período de estação seca, com geralmente de apenas um mês sem chuva. O período mais chuvoso na região de Apuí corresponde ao trimestre janeiro a março e a época menos chuvosa (período mais seco) acontece entre junho e agosto. Segundo RADAMBRASIL (1978) o tipo de solo dominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo, com uma pequena porção de Argissolos Bruno-Acinzentados (EMBRAPA, CNPS 2006), antes classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelos, semelhantes aos Ultisols na taxonomia de solos (Aber e Melillo 1991). Ambos os solos citados são considerados de baixa concentração de nutrientes. Fearnside (1979) considera que esses dois solos possuem níveis similares de vários nutrientes, e devem responder de maneira similar à produtividade

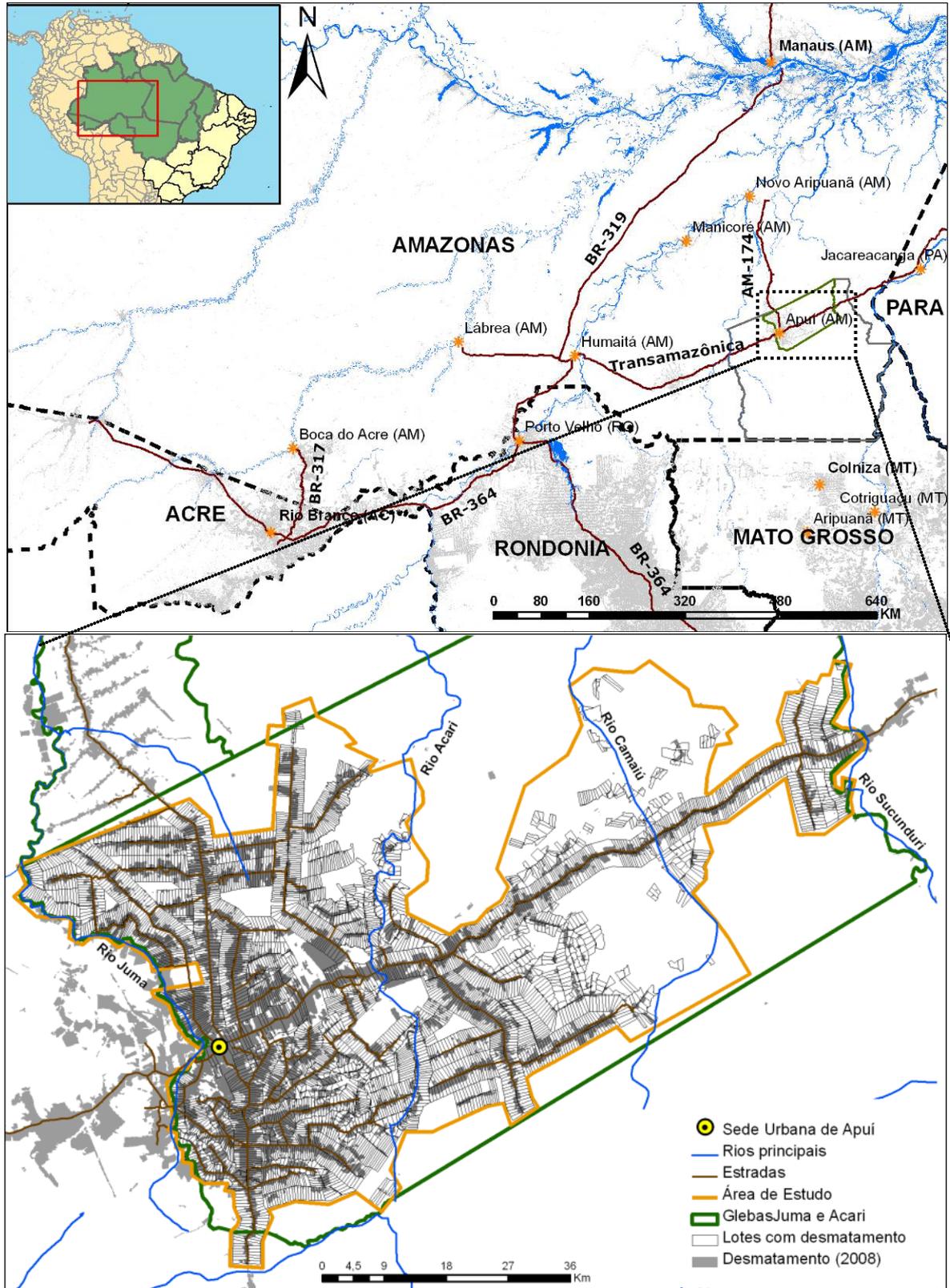
decrecente de pastagem com o passar do tempo, sobretudo associada à concentração de fósforo. O fósforo é o nutriente que apresenta o maior declínio com o aumento a idade da pastagem (Hecht 1985), considerado a maior razão para a instabilidade da produtividade dos pastos na Amazônia (Serrão et al. 1979, Toledo e Serrão 1982). A região também apresenta solos antropogênicos de “terra preta de índio”, distribuídos em pequenas manchas localizadas geralmente às margens de corpos hídricos. Esses solos têm alta concentração de fósforo e são geralmente desmatados para a agricultura.

Apuí foi emancipado do município de Borba ao norte em 1987. A rodovia Transamazônica foi construída no início da década de 1970, e em 1982 o PARJ foi criado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). A sede urbana de Apuí está dentro do PARJ no km 540 da rodovia. A gleba do PARJ apresenta área total de 690.000 ha (Figura 1), e teria originalmente 7.500 lotes de acordo com o decreto de criação. Contudo, foram demarcados apenas 5.240 lotes e seu perímetro ocupa uma área de 465.000 ha (Figura 1, abaixo). Esta área ainda inclui áreas de terras remanescentes e destinadas às estradas vicinais dentre os lotes, e áreas de fazendas supostamente tituladas anteriormente à criação do PARJ. Para garantir que a análise do desmatamento da área tenha os limites de cada propriedade muito bem definidos, foi utilizado o conjunto os 4.023 lotes com desmatamento até o ano de 2008 (Fig. 1). Esses lotes foram ocupados a partir da finalização desse trecho da rodovia Transamazônica em 1974 até o ano de 2008, perfazendo um período de registro do desmatamento referente a 34 anos de ocupação. A área média dos lotes com desmatamento é de 75,5 hectares (DP \pm 29), totalizando aproximadamente 304.000 ha ou 65,3% da área total do perímetro. A análise do desmatamento no nível da paisagem de colonização baseada nas estimativas de desmatamento de cada lote em relação a sua área total é apresentada em Carrero e colaboradores (no capítulo II dessa dissertação).

Através da Rodovia Transamazônica (BR-230), o município conecta-se a oeste com a sede de Humaitá (distante 400 km) e a leste com a cidade de Jacareacanga, no Estado do Pará (distante 300 km). Através da rodovia AM-174, conecta-se ao norte com a sede do município de Novo Aripuanã (distante 290 km). Apesar do município de Apuí contar com uma extensa rede hídrica (Rios Juma, Acari, Sucundurí, Aripuanã e Juruena) os rios são navegáveis apenas durante cerca de seis meses ao ano (época das cheias), devido à redução do nível da água na época das secas e o grande número de corredeiras e leitos rochosos (Amazonas, SDS 2007). As estradas são praticamente intrafegáveis no período das chuvas fortes (dezembro a abril), o que dificulta e encarece o transporte de mercadorias para a cidade e da produção local para fora do município. Na área do PARJ existem 108 “estradas” vicinais, em diversas fases de construção, das quais atualmente apenas 36 estão concluídas e em boas condições de tráfego, 18 estão com abertura parcial (faltam trechos a serem abertos) e 54 vicinais permitem acesso aos lotes apenas por picadas (trilhas) ou carreadores (Brasil, INCRA 2006). As vicinais parcial e totalmente concluídas somam uma extensão de aproximadamente 1.200 km. Além das vicinais planejadas e abertas pelo INCRA, existem ainda carreadores abertos por iniciativa de proprietários ou madeireiros, muitas vezes construídos clandestinamente para ocupar as terras de extração ilegal de madeira.

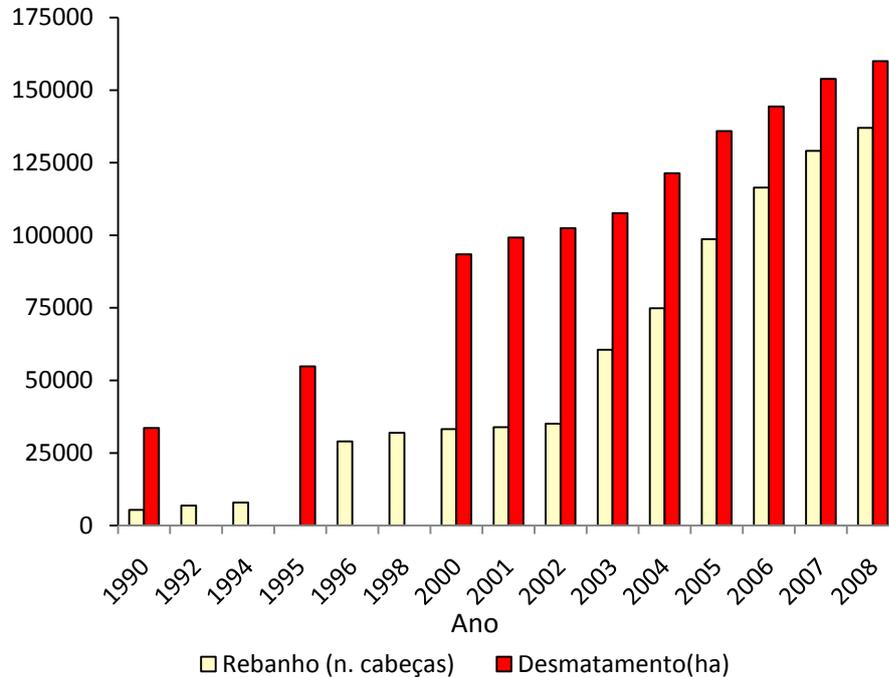
O Apuí passa nos últimos anos por um processo de crescimento populacional associado ao aumento do desmatamento e a expansão da atividade pecuária. Do início da década de 1990 a 2007 a população triplicou atingindo mais de 17.000 habitantes, enquanto que a proporção entre população urbana (41,6%) e rural (58,4%) foi praticamente constante durante o período de 1991 a 2000 (IBGE, 2007).

Figura 1. Localização da área da gleba Juma na fronteira de desmatamento e área de estudo delimitada pelo perímetro de lotes do PARJ e pelos lotes com desmatamento.



A área desmatada entre 1990 e 2007 aumentou quatro vezes, e o rebanho do município começou a crescer mais rapidamente em 2003 com tendência de continuar (Fig. 2). O número de produtores de gado cadastrados até março de 2009 foi de 1052 para o PARJ.

Figura 2. Evolução do rebanho bovino e do desmatamento no município de Apuí entre 1990 e 2008.



Fontes: Rebanho bovino: 1990-2002 (IBGE, 2007); 2002-2008 (Amazonas, CODESAV 2009). Desmatamento 1990 (Amazonas, SDS a partir de dados do INPE); 1995 (Cenamo e Carrero, no prelo A). Dados da pesquisa para todo o município; 2000 a 2008 (INPE, 2009).

Dos 144.390 ha desmatados no município em 2006 (Brasil, INPE 2009), 97.550 ha eram ocupados por “áreas produtivas” (Amazonas, IDAM 2007), das quais aproximadamente 86.000 ha são pastagens (88.6%). A diferença de quase 47.000 ha (entre a área desmatada e áreas produtivas) de provavelmente representar áreas de pastagens abandonadas e degradadas ou áreas em regeneração secundária. As taxas de corte de vegetação secundária na região do Apuí foram intensas nos períodos 1998-1999, 2002-2003 e 2004-2005 com média aproximada de 5200 ha (Nascimento e Graça 2009). Contudo, foi verificado pelos autores que a área de vegetação secundária manteve-se estável entre os anos. Portanto, quando áreas são abandonadas e convertidas em vegetação secundária, frações de terras sob vegetação secundária são abertas ao mesmo tempo. Esse padrão foi similar aos obtidos em Ariquemes (Ferraz et al. 2005) e próximo à usina hidrelétrica de Samuel (Graça e Yanai 2008) ambos no Estado de Rondônia.

Coleta e Análise de Dados

O delineamento experimental para escolher os lotes para entrevista de seus ocupantes foi baseado na coleta de uma amostra aleatória de 200 lotes a partir de todos os lotes com desmatamento em 2008 ($N=4023$) descritos no capítulo II. A amostra foi separada em oito coortes representando os períodos de ocupação dos lotes a partir da criação do PARJ em 1982, divididas aproximadamente em intervalos de quatro anos entre 1981 e 2008. A amostra aleatória das unidades familiares considerou a frequência de lotes em cada coorte (n_i) em

relação ao total de lotes, sorteando proporcionalmente n lotes de n_i . Dessa maneira, a amostra tem a tentativa de representar a proporção de lotes ocupados em cada período.

Adicionalmente, todos os outros lotes (independente da coorte) ou as propriedades rurais vizinhas ao PARJ foram incluídos nas análises. Após descobrir quem era o responsável pela unidade familiar que ocupava o lote (através de informações na cidade, no escritório local do INCRA ou na vizinhança do lote sorteado) a entrevista era agendada, se possível no lote em questão.

Os dados das unidades familiares que ocupavam os lotes em 2008 foram obtidos através de questionários semi-estruturados e de mapas de uso da terra entre 18 de setembro a 14 de outubro de 2007 e 16 de agosto a seis de outubro de 2008 totalizando 78 dias de coleta. Nesse período também foram realizadas entrevistas não estruturadas com outras unidades familiares e representantes do INCRA, do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário do Amazonas (IDAM), da prefeitura de Apuí e da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado (SDS-AM), além de dois proprietários de madeiras e representantes de associações de produtores rurais, com o objetivo de subsidiar qualitativamente a interpretação e discussão dos resultados. Os questionários semi-estruturados foram aplicados em 2008 com a ajuda de estudantes de pós-graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia ou residentes do Apuí. A planilha de campo foi adaptada do questionário do projeto de Desmatamento na Amazônia e Estrutura de Unidades Familiares do Centro de Antropológico de Pesquisa e Treinamento em Mudança Ambiental Global da Universidade de Indiana. A coleta de mapas de uso da terra utilizou o método descrito em D'Antona et al. (2008).

Unidade familiar ('household') é aqui considerada como um núcleo familiar que vive junto na mesma casa ou propriedade que geralmente possui relações de parentesco, mais aqueles que compartilham despesas e receitas do orçamento familiar, como por exemplo, filhos que estudam em outras cidades e dependem de suporte financeiro. Existem também aqueles parentes que enviam dinheiro para ser investido na aquisição e consolidação de propriedades daquela unidade familiar em questão. Assim, a área ocupada por essa unidade familiar (em alguns casos uma empresa) pode ser constituída de um ou mais lotes e propriedades rurais, não necessariamente vizinhos. A entrevista contém informações sobre origem e migração, aquisição e acúmulo de lotes, economia e estrutura familiar da unidade familiar; e características da infraestrutura, do uso da terra, da produção, transporte e comercialização dos produtos das propriedades rurais. As informações coletadas possibilitam uma análise sobre posse e evolução do uso da terra nos lotes acumulados, infraestrutura consolidada, tipo de produção e tamanho do rebanho bovino, bens acumulados, renda e mão-de-obra das unidades familiares. Dados sobre as unidades familiares, situação fundiária, o acúmulo de bens e de lotes (em hectares) foram obtidos para dois momentos: na aquisição do primeiro lote ainda em posse; e na data da entrevista (agosto a outubro de 2008).

Durante a coleta de 2008 foram realizadas entrevistas com o responsável pela unidade familiar proprietária ou administradora de lotes. Para cada uma delas foram contabilizadas todas as propriedades rurais dentro do PARJ e as localizadas até 115 quilômetros de distância da sede urbana do Apuí. Esse critério é desejável para controlar o efeito da distância (e limitações de transporte) sobre as respostas dos proprietários em relação ao uso produtivo dos lotes. As propriedades mais distantes que 115 km são geralmente utilizadas para investimento ou recreação que podem ser vendidas quando o preço valoriza ou que podem ser reservadas para extração seletiva de madeira. Essa distância abrange por terra quase toda a extensão da Rodovia Transamazônica dentro do município de Apuí a leste e a oeste da sede urbana. Ao

norte abrange até o km 111 da rodovia estadual AM-174, sentido Apuí-Novo Aripuanã, englobando parte do P.A. Acari localizado no limite sul de Novo Aripuanã, conectado ao PARJ. O P.A. Acari tem estreita relação com a sede urbana de Apuí, tanto pertinente à atividade econômica como às ligações familiares e relações sociais.

A amostra possui 83 unidades familiares, a partir de 83 lotes de uma amostra maior, de 200 lotes sorteados inicialmente. O acesso em algumas regiões do PARJ (que algumas vezes não possuíam estrada e apenas uma trilha entre a floresta) impediu a identificação e localização de algumas unidades familiares sorteadas, e buscou-se localizar o responsável pela unidade familiar do próximo lote sorteado pertencente à mesma coorte. Esse esforço de coleta é necessário para representar corretamente as distinções entre trajetórias de migração e de ocupação e uso da terra, refletindo estratégias socioeconômicas diferentes entre os atores na fronteira de expansão. Existem proprietários que residem em seus lotes e obtêm renda apenas da produção deles, enquanto outro grupo reside na cidade e realizado outras atividades econômicas que contribuem para renda da unidade familiar (*i.e.*, comércio, cargos públicos, etc.), e *vice-versa*. De outra maneira a amostra de unidades familiares tenderia a ser fortemente representada pela facilidade de encontrar os responsáveis pela propriedade, ou seja, na sede urbana ou próxima a ela e em estradas trafegáveis. Encontrando a unidade familiar sorteada, pode-se representar proporcionalmente a variedade das estratégias de ocupação, uso da terra e consolidação da propriedade. A área desmatada pertencente a cada unidade familiar, produzida ou herdada por ela com a ocupação ou aquisição de lotes de terceiros, é um fator importante para se entender a complexidade dos padrões e processos espaciais e temporais nas fronteiras de expansão do desmatamento.

Foi utilizado o método estatístico de Árvores de Regressão Simples (Breiman et al. 1984) para explicar a variação da variável dependente (desmatamento acumulado ou área total em posse) considerando uma ampla gama de variáveis independentes (ordinais e categóricas). Indicado para exploração dos dados e uma maneira que explora efetivamente relações complexas entre os dados, o método pode ser usado para descrição ou predição (De'ath e Fabricius 2000). Também aceita valores faltantes estimando um valor substituto potencial através do número total de classificação correta para a variável em questão (Therneau et al. 2009). A árvore é construída dividindo continuamente a amostra com base em uma única variável dependente. O seu tamanho é representado pelo número de grupos terminais ou folhas da árvore. A cada divisão cria-se um nó onde os dados são separados em dois grupos mutuamente exclusivos, cada qual o mais homogêneo possível. A homogeneidade de um nó é definida por sua impureza. Das cinco medidas de impureza comumente utilizadas para analisar as respostas das variáveis independentes sobre a dependente (Breiman et al. 1984), foi utilizada a soma dos quadrados sobre a média das folhas que é equivalente a modelos lineares de regressão dos mínimos quadrados. O método é particularmente interessante, pois é invariável à transformação das variáveis independentes (Breiman et al. 1984, Segal 1988), embora seja desejável transformar a variável resposta diminuindo o peso atribuído à variação dos dados (De'ath e Fabricius 2000). A árvore de tamanho ideal foi obtida utilizando validação cruzada para estimativas do erro real para árvores de um determinado tamanho (Breiman et al. 1984). A árvore de regressão selecionada é aquela com a melhor estimativa de predição que possui menor erro estimado. Ela possui o menor número de folhas baseada na estimativa de erro dentro de um erro padrão do mínimo erro (regra “ $1 - se$ ”, onde *se* é o erro padrão). A análise utilizou o pacote “*mvpart*” do programa estatístico R v. 2.6.2 (R Core Development Team 2008).

Dois conjuntos de dados foram testados com a análise de regressão. O primeiro considera a área desmatada total por unidade familiar como variável resposta do modelo, enquanto o segundo considera a área total das propriedades de cada unidade familiar. Ambos os dados das variáveis dependentes foram transformados em \log na base 10 e apresentaram distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk para: \log_{10} área desmatada: $W=0.98$ e $p>0.47$; \log_{10} área lotes $W=0.98$ e $p>0.13$). As médias da área desmatada e da área total das unidades familiares em cada folha da árvore (x_i) foram apresentadas em hectares nas figuras e tabelas. Todas as variáveis independentes foram utilizadas sem transformações e representam valores de caráter espacial, físico, econômico e temporal (Tab. 1).

Tabela 1. Descrição das variáveis utilizadas na análise de árvores de regressão.

<i>Variável</i>	<i>Caráter^a</i>	<i>Tipo^b</i>	<i>Valores</i>
<i>Dependentes</i>			
Desmatamento total ^c (\log_{10})	Esp	N	9,42 – 1.300,00 (0,45 – 3,11)
Área total ^d (\log_{10})			24,57 – 4.831,02 (1,39 – 3,68)
<i>Independentes</i>			
Área total ^c	Esp	N	24,57 – 4.831,02
Residência ^{c,d}	Esp	C	urbana, rural
Região ^{c,d}	Esp	C	centro-oeste, sul, sudeste, norte, nordeste
Pasto sujo(%) ^c	Esp	N	0 – 1
Pasto limpo(%) ^c	Esp	N	0 – 1
Vegetação secundária(%) ^c	Esp	N	0 – 1
Derrubada (%) ^c	Esp	N	0 - 0,83
Anuais (%) ^c	Esp	N	0 - 0,27
Perenes (%) ^c	Esp	N	0 - 0,25
Consórcios (%) ^c	Esp	N	0 - 0,52
Floresta restante ^{c,d}	Esp	C	1 (80-92%); 2,(50-80%), 3(20-50%), 4(<20%)
Riqueza ^{c,d}	Ec	C	(1, 2, 3 e 4) ^e
Despesa Anual ^{c,d}	Ec	N	R\$ 240,00 – 19.320
Atividade principal ^{c,d}	Ec	C	agropecuária, comércio, emprego urbano, sem ocupação
Renda agropecuária ^d	Ec	N	0 – 1
Renda comércio ^d	Ec	N	0 – 1
Renda emprego urbano ^d	Ec	N	0 – 1
Renda aposentadoria ^d	Ec	N	0 – 1
Renda outras atividades ^d	Ec	N	0 – 1
Tempo permanência ^{c,d}	Temp	N	1 – 29
Fator infraestrutura pec ^d	Fis	N	0 – 1
Razão cabeças/área pasto ^d	Fis	N	0 – 3,61
Cabeças gado propriedade ^c	Fis	N	0 – 1600
Cabeças gado família ^c	Fis	N	0 – 1700
Infraestrutura pecuária ^c	Fis	N	0 – 61
Mão-de-obra familiar ^{c,d}	Fis	N	0 – 7
Mão-de-obra contratada ^{c,d}	Fis	N	0 – 6
Mão-de-obra permanente ^{c,d}	Fis	N	0 – 6
Mão-de-obra para fora ^{c,d}	Fis	N	0 – 1

^a Esp= espacial, Ec = econômica, Fis= física e Temp= temporal.

^b C=categórica, N= numérica

^c Variáveis utilizadas na árvore de regressão do desmatamento total.

^d Variáveis utilizadas na árvore de regressão da área total.

^e Classes de riqueza obtidas a partir dos bens acumulados: 1- não possui fogão à gás, geladeira ou TV; 2- possui pelo menos um fogão à gás, geladeira ou TV; 3- possui veículo (moto, carro, caminhão ou caminhonete) e pelo menos um dos itens acima; e 4 –possui dois ou mais veículos e pelo menos um dos itens acima citados.

Dentre as variáveis espaciais estão o local de residência, a origem geográfica, a área total das propriedades, a categoria de floresta restante e a proporção de áreas de cada uso da terra (pasto sujo, pasto limpo, derrubada, vegetação secundária, culturas anuais e perenes e consórcios) em relação à área desmatada total. Para se definir como diferenciar pasto sujo (com vegetação em regeneração) e vegetação secundária, primeiro perguntou-se aos entrevistados qual a área total de pastagens sob seu domínio e depois pedindo para estimar a proporção em que esta área tem de pasto limpo e pasto sujo. Por último foi perguntado qual a área em vegetação secundária. Dentre as variáveis físicas estão o número de mão-de-obra familiar, permanente e contratada, a infraestrutura da pecuária, o número de cabeças de gado na propriedade e da unidade familiar. A infraestrutura da pecuária foi obtida da soma do número de currais (peso 2), saleiros (peso 1), “cochos”(peso 0,5) e de piquetes (peso 1). A mão-de-obra para fora consiste na proporção de dias do ano que pessoas da unidade familiar trabalham por diárias ou empreitas em propriedades de terceiros. As variáveis de caráter econômico são: despesa anual por pessoa sem contar gastos e investimentos em atividades econômicas (apenas alimentação, saúde, educação, transporte, vestuário, lazer e outros), riqueza e atividade principal. O tempo de permanência desde a aquisição da primeira propriedade atual foi utilizado como variável de caráter temporal.

RESULTADOS

Características das unidades familiares

A análise das variáveis influenciando o desmatamento total utilizou 333 das 370 propriedades rurais em posse das 83 unidades familiares (Tab. 2a). As outras 37 propriedades foram excluídas considerando o limiar de corte de 115 quilômetros distantes do centro de Apuí como premissa que acima dessa distância as unidades familiares não atuam como causa proximal do desmatamento de modo semelhante. O número médio de pessoas das unidades familiares foi 3.62, com razão sexual (homem/mulher) de 1.36. O tempo médio de moradia no Apuí foi 15.93 anos, e a área total média em posse das unidades familiares 345,5 ha variando entre 24.6 e 4831.0 ha. As áreas das propriedades em sua maioria representam um conjunto de lotes adjacentes do PARJ (Fig. 3), sendo que o maior conjunto foi de 38 lotes adjacentes auto declarados propriedades de uma única unidade familiar, divididos entre pai, filhos e cônjuges. Não houve correlação entre o número de propriedades ou área total e o número de pessoas da unidade familiar.

Tabela 2. Características da estrutura familiar da amostra de unidades familiares estudadas e das suas propriedades (a); origem e migração (b).

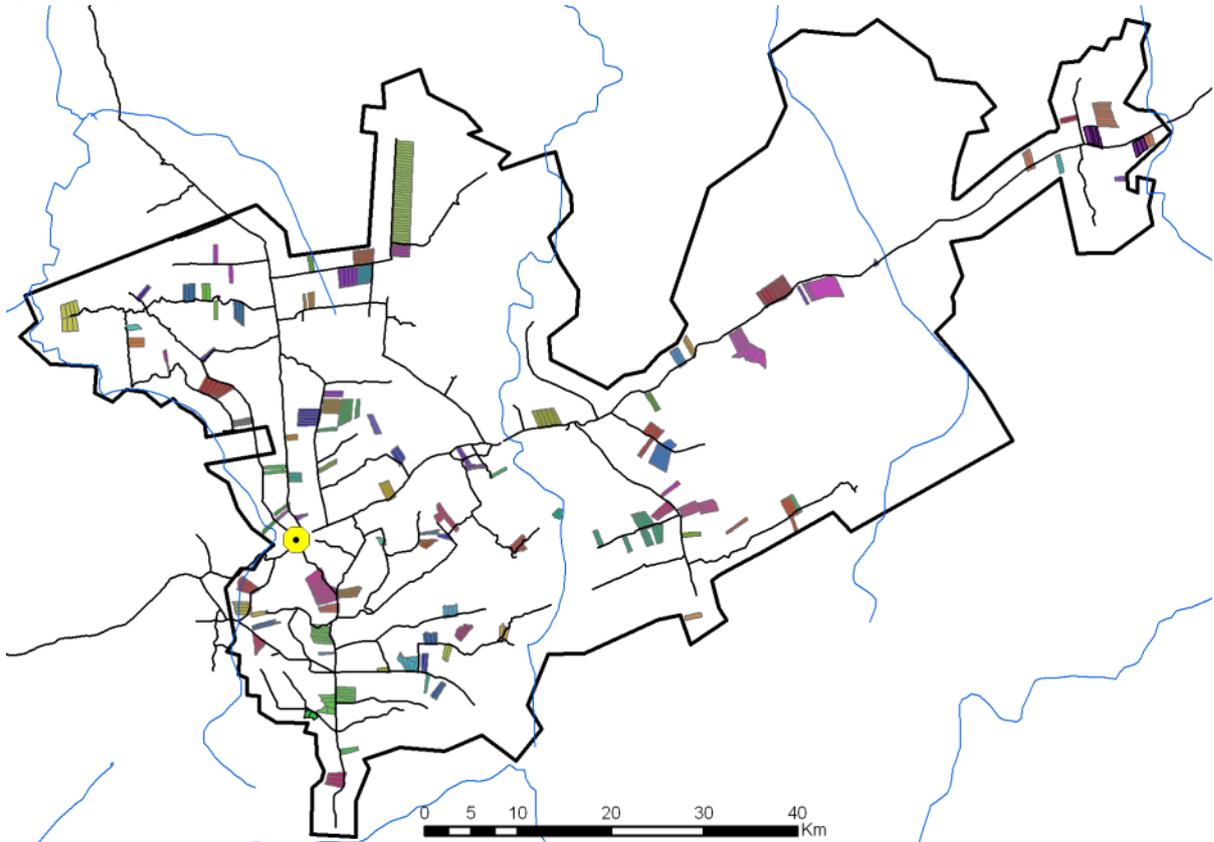
(a)	
Características das unidades familiares	No.
Total	83
Média de pessoas (DP)	3,62(±1,44)
Idade média do chefe da família (DP)	49,24 (±13,50)
Razão sexual média (homem/mulher) (DP)	1,36(±0,95)
Tempo médio de moradia em Apuí (DP)	15,93(±12,47)
Área total média (DP)	345,54(±596,68)

(b)					
Origem			Migração		
	Frequência	(%)		Frequência	(%)
C-O	6	7,3	Origem> Apuí	25	27,8
NE	6	7,3	Origem>C-O>Apuí	22	24,4
N	7	8,5	Origem>RO> Apuí	37	41,1
S	36	43,9	S>Paraguai>Apuí	6	6,7
SE	27	32,9			

Cerca de 80% das unidades familiares da amostra são de origem da região Sul e Sudeste do Brasil (43,9 e 32,9%, respectivamente), e os 23% restante corresponde às famílias migrantes originais das regiões Centro-Oeste (7,3%) Nordeste (7,3%) e Norte (8,5%) (Tab.2b). Enquanto que 25 unidades familiares (27,8%) migraram diretamente de sua região de origem para Apuí, 22 (24,4%) o fizeram primeiramente para o Centro-Oeste e depois para Apuí. Antes de se mudar para o Apuí, 37 (41,1%) famílias residiam em Rondônia e 6 delas (6,7%) originárias da região Sul residiam no Paraguai.

Das 370 propriedades rurais em posse/administração de 83 unidades familiares, em 338 (91,4%) elas se auto-declararam proprietárias. As outras são geralmente de posse geralmente de parentes que residem em Rondônia, no sul do Brasil ou no exterior, e investem dinheiro de outras fontes nas propriedades. Os proprietários têm contratos de compra e venda para 33,8%, nenhum documento para 30,1% e o nome de uma pessoa da unidade familiares inscrito no INCRA para 16,0% das propriedades. Apenas 10,3% reportaram ter o título definitivo expedido pelo INCRA e devidamente quitado, 7,3% terem título definitivo com procuração em seu nome e 2,6% estar em processo de regularização dele. O número médio de donos foi de 2,25 (n=310) para as propriedade estudadas, variando de 1 a 7 proprietários. Não houve diferenças significativas na análise de variância para o desmatamento acumulado entre as classes de número de proprietários que já possuíram um lote.

Figura 3. Conjunto de propriedades selecionadas. Diferentes cores representam cada uma das unidades familiares.



Uso da terra, manejo e transporte

Das 83 unidades familiares estudadas 70 ou 84,3% possuem gado (Tab. 3a), sendo que 67 (97,5%) possuem gado em seus lotes. Existem unidades familiares que alugam pastagem para o seu gado, devido ao crescimento do rebanho, a queimadas, a incêndios ou doenças que atacam os pastos propriedades. Os pastos de Apuí vêm sofrendo recentemente maior ocorrência de *Deois* sp. (Homoptera: Cercopidea) a “cigarrinha-das-pastagens”. Suas pupas se alimentam da seiva introduzindo toxinas que matam o capim. Também, existem unidades familiares que possuem pastos e não possuem gado, utilizando os primeiros para o aluguel ou arrendamento. O gado é comprado na porta da propriedade, e a distância da propriedade à sede de Apuí apresentou fraca relação com o preço pago pela arroba ($R^2=0,28$, $p<0,0001$). Dentre a amostra estudada, nenhuma utiliza insumos nas pastagens ou realiza algum tipo de preparo do solo. Apenas 10% das unidades familiares combatem a regeneração natural nas pastagens com herbicidas, enquanto que o restante o faz através da roça manual com mão-de-obra familiar ou contratada. A intensidade de uso do fogo não teve efeito em explicar a densidade de cabeças por área de pasto. A regressão com fator de infraestrutura apresentou fraca correlação positiva com a densidade de cabeças por hectare de pasto ($R^2= 0,264$; $p<0,000$). O fator de infraestrutura da pecuária tendeu a diminuir com o aumento da área de pasto da unidade familiar ($R^2= 0,206$; $p<0,000$). Embora 68% das unidades familiares reportaram serem agricultores antes da chegada ao Apuí, apenas 25 delas (30,1%) atualmente cultivam produtos agrícolas (Tab. 3a). Entre eles, grãos como arroz, milho e feijão (37,0%), seguido do café (33,3%) foram as culturas mais expressivas. Contudo, as áreas cultivadas geralmente não ultrapassam dois hectares. A maioria dos créditos rurais foi destinada à pecuária (62,8%), seguido pelo café com 17,4% (Tab. 3b).

Tabela 3. Unidades familiares e tipo e preço da produção no segundo semestre de 2008 (a); créditos recebidos no Apuí e situação do pagamento (b) (n=83).

(a)

Produto	Frequência	Porcentagem.	R\$/unid.
Gado	70	84,3%	50-73/arroba
Farinha	3	3,6%	1-1,5/ kg
Grãos	10	12,0%	15 - 35/ 50 kg
Café	9	10,8%	150-160/ 50 kg
Melancia	2	2,4%	2 - 5/ unid.
Pimenta	1	1,2%	4 /kg
Banana	2	2,4%	2-3/ cacho
Total agricultura	25	30,1%	-

(b)

Crédito	Freq.	Porcent.	R\$ (média^a)	Quitado	Não Quitado	Continua a pagar
Gado	54	62,8%	6317	44,4%	3,7%	51,9%
Farinha	1	1,2%	6000	100,0%	0,0%	0,0%
Grãos	1	1,2%	-	0,0%	0,0%	100,0%
Café	15	17,4%	4071	33,3%	33,3%	33,3%
Pimenta	1	1,2%	12000	0,0%	100,0%	0,0%
Banana	6	7,0%	7087	33,3%	50,0%	16,7%
Cacau/cupuaçu	7	8,1%	8785	14,3%	42,9%	42,9%
Guaraná	1	1,2%	13000	0,0%	100,0%	0,0%
Total	86	100,0%	8180	28,2%	41,2%	30,6%

a – A média do crédito fornecido foi calculada com todos os valores citados em reais (R\$), ou seja, a partir de 1994.

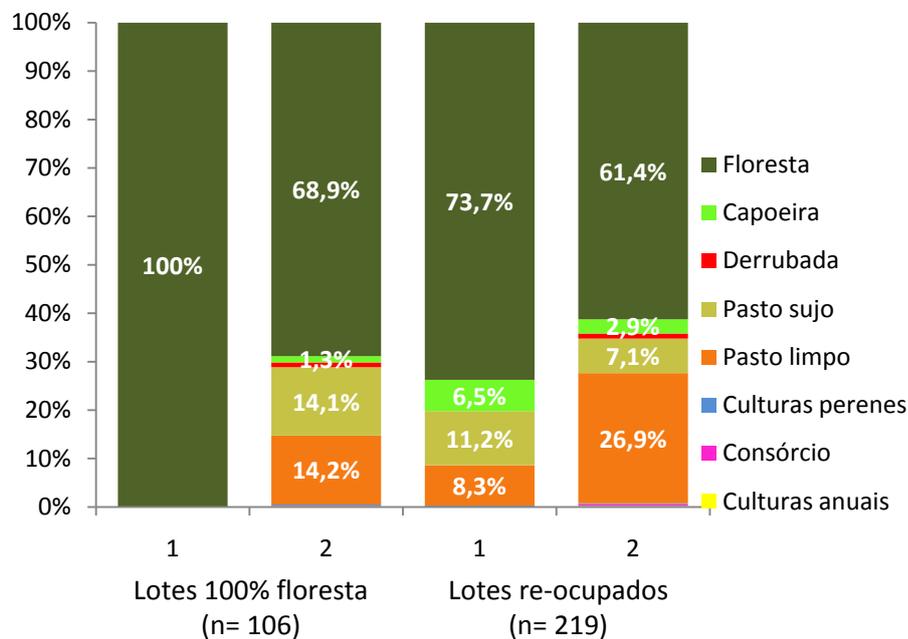
O crédito para cacau e cupuaçu foi o terceiro (8,1%) mais recebido, embora nenhuma unidade familiar obtenha produção deles atualmente. Foi verificada uma proporção alta de créditos não quitados para a banana, cacau, cupuaçu, pimenta e guaraná. Outros também, mesmo sem contar com o dinheiro da produção dessas culturas optam por continuar pagando até quitar suas dívidas. Dentre os 54 créditos concedidos para o gado, uma unidade familiar recebeu 3 vezes e 11 outras unidades receberam 2 vezes. Apenas 28 unidades familiares receberam os 36 créditos para agricultura.

As características da amostra são iguais em termos de tecnologias adotadas na agropecuária. Variam apenas a área total das propriedades e a porcentagem alocada para a pecuária. A manutenção das pastagens e sua gradativa perda de produtividade também revelam diferentes estratégias de realizar a atividade pecuária. Foi verificado que 22% das unidades familiares alugam o pasto ou fornecem (ou recebem) o gado em arrendamento ou sistema de meigam. À custo da degradação do solo e perda de produtividade, o aluguel de pastagens pode ser rentável em curto prazo, já que não existe gasto em práticas de manejo de pastagens ou uso de fertilizantes. Geralmente unidades familiares que possuem mais cabeças de gado fornecem parte delas em arrendamento, e a cada período reprodutivo recebem geralmente de 50 a 70% das crias, ou todos os machos (próximo de 50%). Os proprietários maiores geralmente engordam o gado enquanto os menores investem na reprodução do rebanho visando seu aumento. Outra relação verificada foi que aproximadamente 31% das unidades familiares têm pelo menos uma pessoa trabalhando para outros proprietários em esquemas de diárias ou

empreitadas, absorvendo uma média de 24% dos dias do ano da mão de obra rural da unidade familiar. Dessas unidades familiares 65% são contratados para roçar pastagens, 50% para construir cercas e 19% para realizar a derrubada da floresta.

A cobertura vegetal da propriedade quando adquirida pela unidade familiar foi determinante nas ações subseqüentes de mudança no uso e cobertura da terra. A unidade familiar pode ter adquirido um lote com 100% de cobertura florestal original, ou um lote ocupado anteriormente e herdado diferentes tipos de cobertura vegetal (Fig. 4). Lotes que foram adquiridos com 100% de cobertura florestal totalizaram área desmatada relativa de 31,1%, praticamente dividida em pastagem suja (14,1%) e pastagem limpa (14,2%).

Figura 4. Porcentagens dos tipos de cobertura vegetal nas propriedades de 83 unidades familiares (n=325) referentes a dois pontos no tempo (1= na aquisição ou ocupação da propriedade, 2= no ano de 2008) agrupadas em duas classes: (a)- propriedades ocupadas com cobertura 100% floresta e tempo de permanência médio nos lotes de 8,83 anos ($\pm 6,57$); (b) – propriedades adquiridas de proprietários anteriores com cobertura vegetal herdada e tempo de permanência médio nos lotes de 6,66 anos ($\pm 5,65$).



Quando os lotes foram herdados, eles continuam uma proporção maior de pasto sujo (11,2%) em relação à área de pasto limpo (8,3%), e uma proporção considerável de área em vegetação secundária (6,5%). Com uma média de tempo de ocupação do lote de 2,2 anos a menos as propriedades herdadas sofreram desmatamento relativo quase três vezes menor (12,6%) que os lotes ocupados com 100% de cobertura florestal.

Características das unidades familiares e desmatamento acumulado

A Árvore de Regressão explicou 84,1% da variação da área desmatada das unidades familiares (Fig. 5). A primeira divisão da árvore foi dada pelo número de cabeças de gado na propriedade (*cabprop*) que explicou 51,8% da variação separando as unidades familiares que têm menos de 69 das que têm 69 ou mais cabeças de gado nas suas propriedades. A área total da unidade familiar (*arealotes*) foi a responsável pela segunda e terceira divisão. A segunda divisão separou as áreas entre menor que e maior ou igual a 536,9 ha para unidades com mais de 69 cabeças de gado, adicionando 13,1% de explicação ao modelo. A terceira divisão

separou unidades familiares com menos de 69 cabeças de gado entre as com área total menor que 91,2 ha das maiores ou iguais a esse valor, explicando mais 10,7% da variação do desmatamento. Embora as duas últimas divisões não acrescentem muita explicação ao modelo, a validação cruzada garantiu a inclusão delas, reduzindo mais 7,5% o erro da árvore sem ultrapassar o limiar de variância de mais de um desvio padrão do modelo total. Nas três primeiras folhas, com menos de 69 cabeças, foram distribuídas as 16 unidades familiares que não possuem nenhuma cabeça de gado em suas propriedades, resultando em desvio padrão dessas folhas relativamente grande (Tab. 6). Contudo, pode-se constatar que a média de cabeças de gado na folha 3 (20,6 cab) é inferior à folha 2 (29,3 cab) que tem metade da área desmatada, e mais de 3 vezes à folha 4 (110,62 cab) que tem praticamente a mesma média de área desmatada (Tab. 4).

Os resultados da árvore de regressão fornecem divisões alternativas comparando a força da divisão da variável independente selecionada com as melhores divisões das variáveis restantes (não mostrado). Na primeira divisão (nó 1: $<69 \text{ cabprop}$) as duas variáveis alternativas (“área total” e “cabeças de gado da unidade familiar”) tiveram poder de explicação de 96 e 97% enquanto a infraestrutura atingiu cerca de 80%. No nó 5 ($<175 \text{ cabprop}$) a seqüência foi área total (95%), cabeças da unidade familiar (85%) e infraestrutura (73%). Contudo, o número de cabeças de gado não foi tão importante para explicar o nó 2 ($<91,17 \text{ arealotes}$), com cabeças da unidade familiar representando apenas 41% e ficando atrás da proporção de culturas perenes (42%). As variáveis categóricas do modelo não foram selecionadas na análise de árvore de regressão do desmatamento. A classe floresta remanescente foi a variável alternativa para explicar um terço da redução do erro no segundo nó da árvore ($\text{área lotes} < 91,2 \text{ ha}$), ficando atrás da variável proporção de área em consórcios (*con*) separando grupos quem tem menos de 3% de área para a direita, com o grupo que tem menos de 45 cabeças de gado da unidade familiar (*cabid*) para a esquerda, e infraestrutura da pecuária (*infrapec*) menor que 1,5 também para a esquerda.

Figura 5. Árvore de regressão com o desmatamento total em 2008 como variável dependente. Valores abaixo dos nós representam a porcentagem de redução do erro, ou quanto aquela divisão conseguiu explicar a variação dos dados. Os valores das folhas terminais representam a área média desmatada e o número de unidades amostrais respectivas.

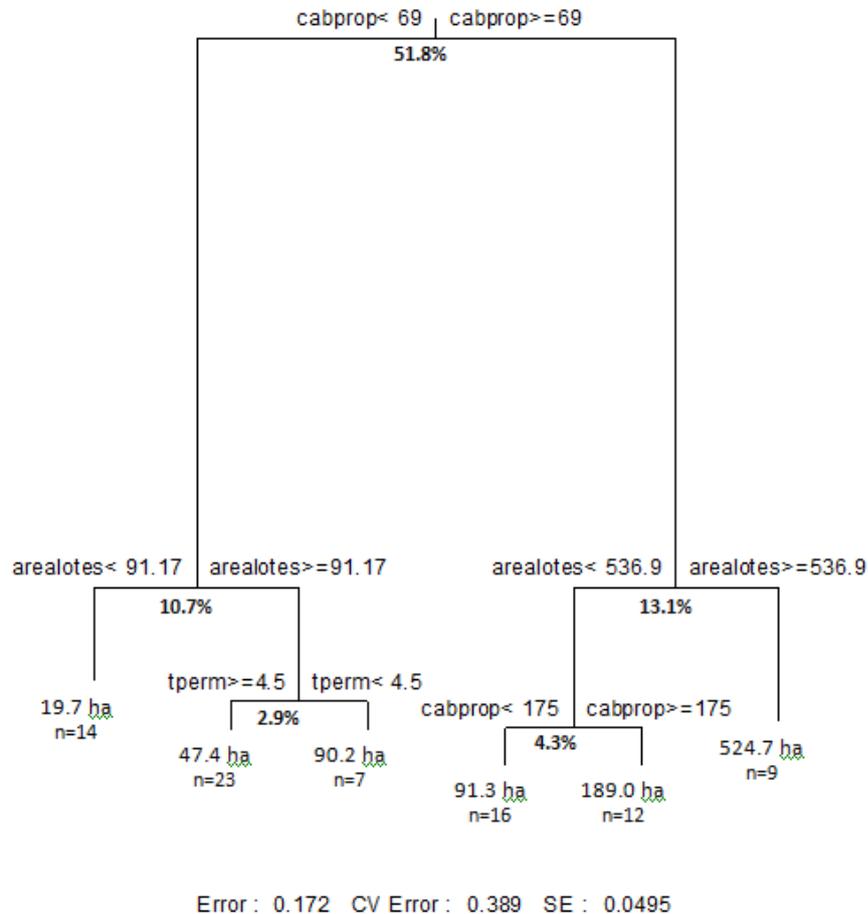


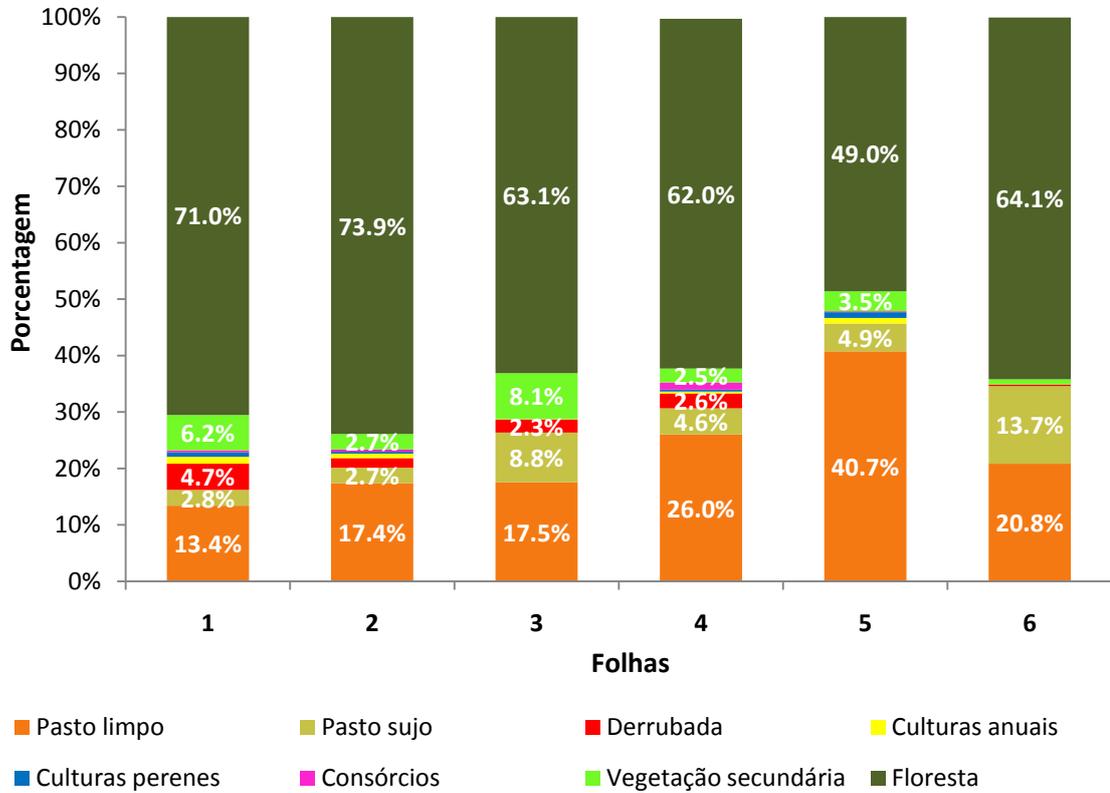
Tabela 4. Valores médios (desvio padrão) das variáveis eleitas pelo modelo e do desmatamento total das 81 unidades familiares agrupadas em 6 folhas de acordo com a árvore de regressão, com médias consideradas na folha em **negrito**.

(Folha) divisões	Desmatamento (ha)	n	Nº. prop	Nº. Cabeças	Área total (ha)	Tempo de permanência (anos)
(1) <69 cab , < 91,17 ha	19,7 (±8,1)	14	1 (±0)	4,4 (±6,6)	66,9 (±18,5)	6,4 (±4,2)
(2) < 69 cab >91,17, ≥ 4,5 tper	47,4 (±18,9)	23	2,5 (±1,5)	29,3 (±25,4)	181,5 (±102,5)	13,2 (±6,6)
(3) < 69 cab >91,17, < 4,5 tper	90,2 (±37,4)	7	3,43 (±1,3)	20,6 (±25,0)	244,7 (±126,1)	2,7 (±0,9)
(4) ≥69 cab < 175, < 536,9 ha	91,3 (±30,4)	16	3,56 (±2)	110,6 (±32,5)	247,8 (±147,9)	14 (±8,4)
(5) < 536,9 ha, ≥ 175 cab	189,0 (±59,0)	12	5,0 (±1,5)	335,7 (±106,2)	363,1 (±85,0)	8,9 (±7,3)
(6) >536,9 ha	524,7 (±368,0)	9	13,3 (±10,1)	485,22 (± 477,4)	1462,1 (±1362,9)	13,3 (±6,4)

A proporção média de cada área em diferentes usos da terra das folhas da árvore de regressão indica as estratégias e perfis das unidades familiares (Fig. 6). Unidades familiares da folha 1 têm áreas consideráveis de anuais, capoeiras e derrubada, indicando estratégias de agricultura de pousio, além de possuir culturas perenes. Comparando as folhas 2 e 3, unidades familiares da folha 3 apresentam maior média desmatada com maior proporção de pasto sujo (9%) e de vegetação secundária (8%) mesmo média de apenas 2,71 anos de permanência média no lote. A área de florestas variou entre 74 e 62% para quase todas as folhas (independente do

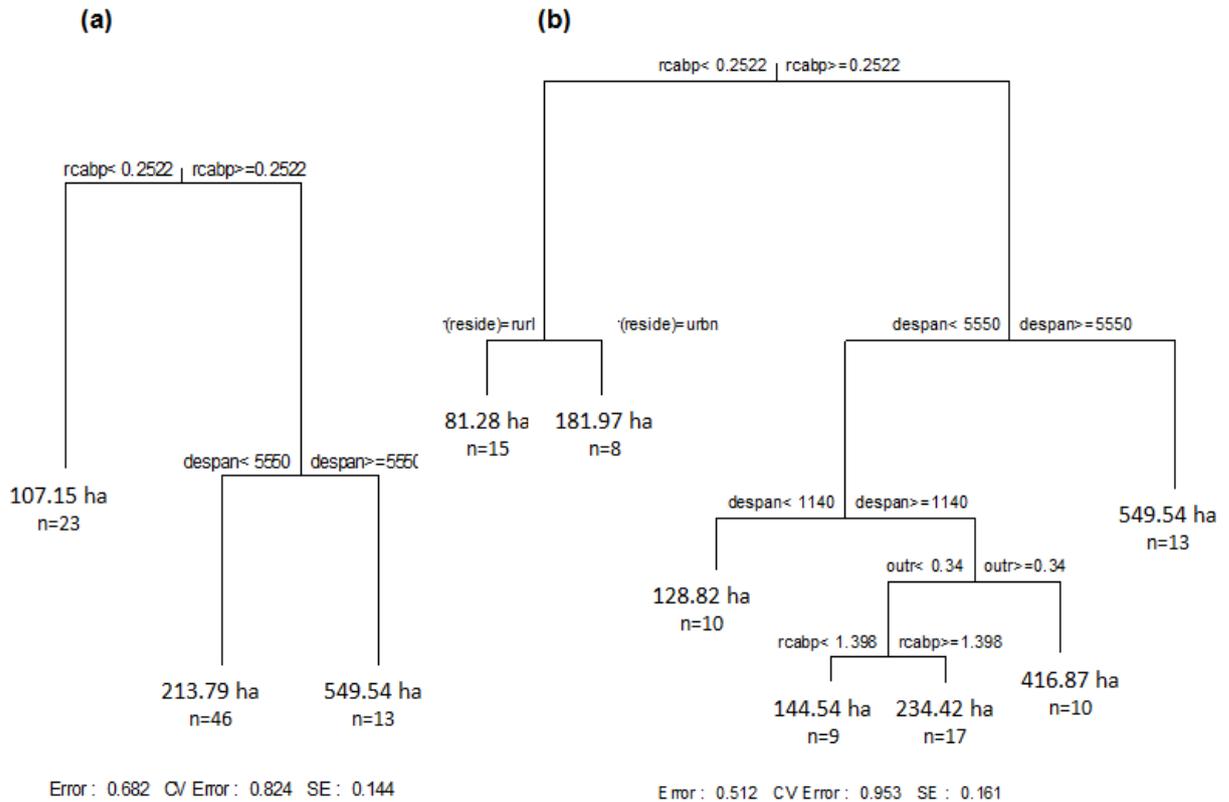
tamanho do lote), e apenas a folha 5 apresentou área de florestas referente à 49% da área média total das unidades familiares (363,1 ha).

Figura 6. Proporção das médias de uso da terra das folhas (grupos) gerados a partir da análise de árvore de regressão.



A variação da área total das unidades familiares com validação cruzada foi explicada pela razão de cabeças de gado da propriedade sobre a área total de pasto (*rcapb*) (18,9%) (Fig. 7a), seguida de despesa anual por pessoa (*despan*) com 12,9% totalizando 31,8% da variação explicada. As variáveis alternativas selecionadas para explicar a segunda divisão da árvore (*despan* < 5550) foram a mão-de-obra permanente (< 0,5) e a residência (< *rural*, > *urbana*) com poder de explicação de 70 e 65%, respectivamente. Útil para descrever as variáveis influenciando a área total de lotes, a Fig. 7b apresenta a mesma árvore de regressão sem validação cruzada. A variável categórica *reside* (residência) foi selecionada (< *rural*, > *urbana*) diminuindo cerca de 5% do erro total da árvore.

Figura 7. Árvore de regressão da área total de lotes em relação às variáveis da unidade familiar utilizando validação cruzada para selecionar a menor árvore dentro 1 desvio padrão da árvore total (a), e sem validação cruzada (b).



A renda de outras fontes (*outr*) representa em sua maioria a proporção de dias no ano em que a mão de obra da unidade familiar é empregada em trabalhos fora da propriedade, como diárias e empreitas para atividades de roçagem de pasto, construção de cercas e currais e eventualmente derrubadas.

DISCUSSÃO

Estrutura familiar

O número médio de pessoas e a composição de sexos nas unidades familiares amostradas corroboram estudos mais detalhados sobre a estrutura familiar influenciando o desmatamento e uso da terra em fronteiras na Amazônia (Walker e Homma 1996, Marquette 1998, McCracken et al. 1999, 2002, Perz 2001). O número de homens adultos geralmente indica correlação positiva com a área desmatada (e.g., Godoy et al. 1998, Sydenstricker e Vosti 1993 in Perz 2001). Contudo, a média de 3,6 pessoas por unidade familiar nesse estudo é baixa se comparada a de 6,6 obtida em Marquette (1998) e a de 7,3 em Perz (2001) para a Amazônia equatoriana e Uruará no estado do Pará, respectivamente. Embora a taxa de natalidade tenha diminuído pela metade entre 1970 e 1991 (Sawyer 2001) a média de pessoas nas unidades familiares parece indicar a maior relação com a atividade pecuária, que necessita de menos

mão-de-obra se comparada às atividades agrícolas (McCracken et al. 2002) e parece ter favorecido a migração de integrantes da unidade familiar. Também a agropecuária é mais dependente de mão-de-obra masculina (Perz 2001, Marquette 1998), fato corroborado pela razão sexual média (homem/mulher) de 1,36, o que evidencia que a evasão é maior para mulheres em propriedades rurais no Apuí. Embora a estrutura familiar seja importante para explicar o desmatamento e usos subseqüentes nos períodos iniciais da fronteira de expansão, ela perde sua força ao passo que unidades familiares passam a utilizar mão-de-obra contratada para derrubadas.

Dinâmica populacional

A predominância de migrantes do sul e sudeste do país revela preferências e atitudes diferenciadas em relação aos usos e às intensidades de uso da terra. Diferentemente da origem de migrantes predominantemente do Maranhão nas fronteiras no sul do Pará (Fearnside 2001) e no sul de Roraima (Carrero et al. 2008), os modos de produção dos migrantes da região sul do Brasil parecem estar mais voltados ao crescimento econômico, geralmente associado à experiências prévias com crédito e capital inicial (Moran 1981). A quantidade de lotes ou propriedades por unidades familiares confirma as constatações que na Amazônia brasileira ocorre acúmulo de terras para a atividade pecuária nas fronteiras de expansão, sobretudo em lotes de assentamentos (*e.g.*, Hecht 1993, Fearnside 2008).

A função especulativa importante para grandes empreendedores atraídos por fortes subsídios na década de 1970, mantidos até hoje (Fearnside 2008), independeu da produtividade pecuária (Hecht 1987). Os resultados revelam evidências similares nas estratégias dos proprietários no Apuí. Dentre essas, dois fatores são relevantes para explicar a tendência de acúmulo de lotes por agricultores familiares na história de ocupação do Apuí. Primeiro, a valorização rápida do preço da terra no estado de Rondônia a partir de 1973 até 1986 foi motivo para muitos proprietários venderem suas terras (Mahar 1979, 1989). Esse padrão favorece a especulação e provavelmente gera efeito similar em outras fronteiras da Amazônia. Vendendo suas terras eles adquiriam capital inicial necessário para investir na aquisição de uma maior porção de terra mais barata ou devoluta (em novas fronteiras de ocupação) com sobra para garantir a formação da pastagem e do rebanho (Fearnside 1984, Mahar 1989). Segundo, a maneira com que foi realizada a colonização na Amazônia pelo INCRA, particularmente em regiões mais remotas e de difícil acesso como o PARJ, sem infraestrutura de transportes, educação, saúde e assistência técnica adequadas, representa um conjunto de fatores que, associado à baixa fertilidade dos solos amazônicos, levou muitos produtores familiares a abandonarem ou venderem suas terras em busca de emprego nas cidades e/ou terras em outras frentes de ocupação na Amazônia. Esse abandono acaba por aumentar a demanda de produtos agrícolas e carne para abastecer esses centros urbanos, ao mesmo tempo em que contribui para a concentração de terras para pecuária extensiva de rentabilidade bastante duvidosa. Além disso, um fator decisivo para o massivo abandono no PARJ foi o intenso surto de malária entre 1995 e 1999, conforme relatos de muitos assentados. A decisão dos colonos pode ter sido influenciada também pela falta de experiência em praticar a atividade nas condições adversas da região amazônica (Moran 1981). Esses lotes foram acumulados por outros *colonos* originais, sendo adquiridos por preços simbólicos, ou então, comprados por recém-chegados mais capitalizados.

De acordo com as trajetórias de migração apresentadas, Apuí foi uma região que muitos migrantes de Rondônia elegeram para produção pecuária. A rodovia Transamazônica, de

Humaitá a Apuí, parece ser a região onde filhos das famílias assentadas em Rondônia estão expandindo as fronteiras. Outra fonte importante em termos de potencial de desmatamento são os fazendeiros capitalizados que migraram diretamente do sul do Brasil ou do Paraguai entre o final da década de 1990 até 2005. Foi reportado haver 58 famílias de migrantes do Paraguai vivendo em Apuí. Atraídos pelo baixo preço da terra, os denominados localmente de “*brasiguaios*” executavam a agricultura de milho, arroz e trigo, geralmente mecanizada e com subsídios, e retornaram ao Brasil motivados por dificuldades de renovar a permanência legal no Paraguai e por pressão política de movimentos de agricultores sem-terra. A chegada dos brasiguaios foi um motivo que inflacionou o valor da terra em Apuí a partir de 1999 (Brasil Social 2009). Com capital para investir, a maioria viu no município a possibilidade de comprar uma grande área de terra para atividade pecuária e formar (ou adquirir) imediatamente pastagens e rebanho. Mais recentemente, existe a migração de agricultores sem-terras de regiões próximas como o município vizinho de Colniza no nordeste do Mato-Grosso e o município de Novo Progresso no do sul do Pará cortado pela BR-163. Esses recém-chegados ocuparam lotes ainda em floresta virgem em regiões mais distantes da sede urbana e entraram com pedido formal de beneficiário da reforma agrária na sede local do INCRA. Nota-se que *colonos* com pouco capital de investimento, geralmente passam seus lotes centrais e acabam por ocupar lotes mais na periferia do PARJ ou migraram para zona urbana ou para outras fronteiras de expansão.

Situação Fundiária

A grande quantidade de propriedades não tituladas parece ser um reflexo do isolamento geográfico de Apuí. Esse isolamento resulta, somando outros fatores, em baixa capacidade da superintendência regional do INCRA de vistoriar e emitir títulos aos *colonos*. Quando eventualmente os títulos provisórios são emitidos, a maioria dos *colonos* não consegue pagar as parcelas anuais referente à compra do lote, visto que a passagem de ônibus para Humaitá (agência do Banco do Brasil mais próxima) é mais cara que a quantia da parcela a ser paga. Em Santarém (Pará) a proporção de assentados que possuem título definitivo em nome da unidade familiar foi de 55,2% (Dantona et al. 2006), mais de 5 vezes que a porcentagem verificada em Apuí (10,1%). A proporção de lotes titulados no PARJ aumentaria para 26,1% se somada aos lotes em posse de unidades familiares assentadas pelo INCRA. A zona urbana, localizada dentro do PARJ, está ainda sob terras também com situação fundiária irregular e não arrecada a taxa de imposto territorial urbano (IPTU). Esse fato parece ter sido decisivo para não existir ainda uma agência do Banco do Brasil em Apuí.

O isolamento geográfico e péssimas condições de acesso dessa fronteira também resultam em baixa fiscalização ambiental e inexistência (ou ineficiência) dos serviços dos órgãos públicos relacionados ao uso da terra e exploração dos recursos naturais. O escritório dos órgãos fiscalizadores do meio ambiente (Instituto Brasileiro de Proteção dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM) mais próximos estão em Humaitá (400 km) e em Manaus (500 km em linha reta) de Apuí. Não existe uma conexão por terra entre Apuí e Manaus, a não ser pela BR-319 que encontra abandonada. Apuí sendo um município localizado na fronteira do arco do desmatamento deveria contar com maior presença do Estado e assim aumentar (ou trazer) a governança para a região. A extrema dificuldade e custo em obter licenças para o desmatamento ou para planos de manejo florestal reduzem drasticamente as opções de atividades produtivas com retorno econômico que estejam em legalidade com as leis fundiárias e ambientais. Nessas condições,

a pecuária é tida como a atividade de menor investimento e risco para consolidar benfeitorias em uma grande extensão de terras para requerer a titulação (Schmink e Wood, 1992).

Nesse contexto, surgem muitas dúvidas sobre a função de variáveis econômicas com dados agregados como PIB, taxa de câmbio, de inflação, exportação de *commodities* agropecuários e tamanho do rebanho bovino (*e.g.*, Nepstad et al. 2006, Ewers et al. 2006) para explicar o uso da terra e desmatamento nas fronteiras da Amazônia. Ewers et al. (2008) sugerem que não há correlação temporal forte entre a taxa de expansão da agricultura e a taxa de desmatamento, mesmo havendo correlação forte entre variáveis econômicas e as taxas de desmatamento, com a maioria delas fortemente inter-correlacionadas. Sabendo-se que a pecuária indica rentabilidade negativa no Apuí, de onde vêm o dinheiro para a expansão e consolidação da pecuária? Além do capital trazido pelos migrantes, das trocas de mão de obra entre proprietários, da atividade madeireira ilegal, dos comerciantes e funcionários públicos fazendeiros, a resposta deve incluir algo mais que não pode ser capitado analisando apenas os indicadores sócio-econômicos oficiais.

O enraizamento das populações migrantes no Apuí é verificado por uma parcela considerável da amostra que permanece na cidade desde os anos iniciais da criação do PARJ. Sawyer (2001) atribui a esses atores o interesse maior em práticas que visam à sustentabilidade de suas terras, constituindo-se como uma condição a adoção dessas práticas. A organização social de produtores rurais no Apuí, seus anseios e interesses por regularização fundiária favorece para que eles adotem alternativas econômicas florestais baseadas na possibilidade de pagamento por serviços ambientais (Cenamo e Carrero, no prelo A), e parecem indicar o enraizamento desse grupo à região. Também, alguns recém-migrantes se mudaram para Apuí depois de seguidas movimentações e procuram por estabilidade que não pode ser atingida sem a legalização fundiária. Contudo, essa constatação não se demonstrará eficiente em conter o desmatamento se políticas públicas não incluírem alternativas produtivas econômicas que contemplem a dinâmica dos processos sociais locais envolvidos, como eles operam e se modificam. Dentre estes, as próximas gerações terão que adquirir novas áreas para suas futuras famílias acarretando em avanço da fronteira. As políticas públicas devem desencorajar a migração para fronteiras e promover destinos alternativos de migração. Ao mesmo tempo, devem criar empregos em áreas fonte de migração e apoiar produtos alternativos para suprir mercados domésticos como produtos não-madeireiros, além de valorizar os serviços ambientais fornecidos pela floresta em pé (Fearnside 2008).

Uso da terra, manejo e transporte

O perfil e a velocidade de transformação da cobertura florestal original e sua subsequente alocação para usos produtivos indicam o efeito da baixa demanda e preço pago por produtos agrícolas em Apuí, com a maioria das unidades familiares optando pela atividade pecuária. A formação de pastagens nos solos pobres da região associada à regeneração vigorosa da vegetação secundária (Moran et al. 1994, 1996) e quase nenhuma adoção de tecnologias de manejo da pastagem contribuem para o rápido esgotamento de nutrientes, degradação e compactação do solo (Fearnside 1979, Hecht 1985, Arima et al. 2005). O resultado é o alto impacto ambiental com baixa produtividade e retorno social. Entretanto, o gado é considerado uma “poupança viva” para pequenos e médios produtores, que pode ser transportado vivo e prontamente vendido quando necessário. Essas características explicam a adoção da pecuária como atividade predominante no Apuí, a exemplo da maioria das fronteiras de expansão na Amazônia (Hecht 1987, 1993, Walker et al. 2000, Mertens et al. 2002, Fearnside 2008). Por

fim, seja por propósitos econômicos, jurídicos ou agrícolas, pastagens também são vistas como o melhor uso da terra no contexto de sua especulação, mesmo na ausência da intenção concreta disto acontecer (Mertens et al. 2002). Em Apuí, a grande maioria de famílias originárias do sul do Brasil, que desenvolveram a tradição e cultura da pecuária, parece reforçar esse padrão independente da rentabilidade extremamente baixa ou negativa (Razera 2005, Cenamo e Carrero, no prelo A). Para o preço diferenciado pago pela arroba em 2008 entre as unidades familiares, a fraca relação entre distância da propriedade do centro de Apuí pode estar associada ao número de cabeças que o comprador vende a cada vez e também às condições da estrada que leva à propriedade. O órgão de vigilância sanitária animal reportou que existem 1052 produtores bovinos no PARJ, e o tamanho do rebanho é importante em determinar o esquema de transporte utilizado.

Além das fortes limitações de transporte de produtos agrícolas, as condições de umidade excessiva, solos ácidos e pobres da Amazônia favorecem a ocorrência de pragas e doenças (Schubart, 1999). No PARJ, a “cigatoca negra” na banana devastou os plantios entre 1996 e 1998, porém atualmente existem variedades resistentes. A partir de 2002 os plantios de pimenta-do-reino foram totalmente dizimados por doenças como *antraquinose* e *fusariose*. Entre 1998 e 2001 a broca do cafeeiro juntamente com a perda de plantios devido à mudas com sistema radicular reduzido contribuiu para a diminuição dos plantios. Muitos cafezais foram abandonados ou cortados com o baixíssimo preço da saca de café no mesmo período. Cupuaçu, cacau, guaraná e café são culturas que demonstram sucesso na região, porém a dificuldade de comercialização traz riscos de investimento e poucos produtores optam por elas. Com a predominância das pastagens na paisagem as culturas agrícolas muitas vezes são destruídas por incêndios provenientes de queimadas dos pastos, o que aumenta grandemente o risco associado à essas atividades ou restringe a certos atores e localidades. Café, cacau e cupuaçu foram reportados terem maior produção e qualidade na região se quando são sombreados por espécies arbóreas (Cenamo e Carrero, no prelo B). A área plantada de café parece estar crescendo nos últimos anos, motivada tanto por créditos rurais como pela alta do preço (R\$ 140/saca 50 kg) e também por ter compradores que garantem a demanda da produção que é beneficiada no município. Já os plantios de cacau e cupuaçu não contam com o beneficiamento local e são mais limitados pelo transporte. Assim como a soja, o cacau também tem o inconveniente de ter seu preço atrelado ao mercado externo.

Fica evidente a alocação de mão-de-obra do uso da terra para a utilização de áreas com vegetação secundária e pasto sujo para a formação de pastagens predominantemente que derrubadas de florestas. Esse padrão revela a baixa manutenção das áreas de uso dos proprietários anteriores no momento da venda ou do abandono. Em alguns casos, a baixa manutenção pode estar relacionada ao insucesso da unidade familiar naquela propriedade. Contudo, em muitos casos indica que donos anteriores tiveram objetivos claramente especulativos, e a abertura da floresta e a formação de pastos configura a ocupação e garante o lote, que após poucos anos é vendido para recém-chegados. Esse fato revela que o corte de vegetação secundária contribui para reduzir as taxas de desmatamento absorvendo os recursos financeiros dos recém-chegados por um tempo. Contudo, as taxas de desmatamento nesses lotes provavelmente aumentarão quando restar apenas florestas e área consolidada nos lotes, desde que capital ou mão-de-obra estejam disponíveis.

Desmatamento e unidades familiares

A análise de árvore de regressão permitiu o agrupamento de atores de acordo com as taxas de desmatamento em suas propriedades, e considerou a área total do proprietário como uma variável independente contínua. A exploração das divisões alternativas conferiu maior compreensão das dependências e relações dentre os dados. O poder de explicação foi extremamente alto entre a área total, o número de cabeças na propriedade e o número de cabeças da unidade familiar, seguido de perto pela infraestrutura pecuária. O nó 4 (≥ 4.5 *tperm*) exibe um resultado contra-intuitivo com as unidades familiares com tempo de permanência nos lotes $\geq 4,5$ anos apresentando média de 47,4 ha desmatados, enquanto as unidades com $< 4,5$ anos apresentando média de área desmatada de 90,2 ha. Pode-se pensar que essas últimas unidades familiares desmataram grande área em muito menos tempo. Contudo, esse resultado reflete o padrão geral de todas as unidades familiares e depende mais de como estava a cobertura vegetal do lote quando adquirido (ver Fig. 5). As unidades familiares recentes adquiriram lotes com maior área desmatada, porém baixa proporção relativa de pastagens limpas (Fig. 6). Estas famílias possuem o menor número de cabeças de gado na propriedade (Tab. 4). A média encontrada indica que as áreas de pastagens e o rebanho dessas unidades familiares está em plena expansão, e deve chegar a se igualar ou ultrapassar a média desmatada da folha 4.

O tempo de permanência médio das unidades familiares nas folhas não é crescente quanto maior a área total ou desmatada. Esse fato indica que, quando se trata de fronteiras em expansão a venda de lotes (geralmente especulativa) é uma constante. Também, o referencial teórico utilizado por um grande grupo de pesquisadores para explicar a evolução do uso da terra, que tende a priorizar determinados usos de acordo com o tempo de duração na região (e.g. Walker e Homma, 1996, Pichón 1997, Perz 2001, Brondízio et al. 2002, McCracken et al. 2002, Walker 2003), parece perder sua força com a idade de colonização das fronteiras na Amazônia. Por exemplo, um argumento frequentemente utilizado proposto por Moran (1981) é que o tempo de duração desde a chegada pode levar ao aprendizado de técnicas agrícolas no ambiente único da Amazônia. Contudo, se verifica que unidades familiares já estão a um grande tempo na região amazônica (em outras fronteiras) e já aprenderam a cultivar (ou não cultivar) certas culturas de acordo com limitações do solo, de transporte e de mercados. Também a força da mão-de-obra contratada com a movimentação intra-regional desses migrantes parece também ser cada vez mais forte com o passar do tempo, e parece ser mais significativa para explicar a área desmatada e o uso predominante de pastagens em unidades familiares de Apuí. Recentemente, os fatores macroeconômicos parecem atuar de forma a envolver também os pequenos produtores (Rudel 2005), principalmente para o fornecimento de produtos agrícolas para mercados locais com o crescimento da população urbana na Amazônia.

O acúmulo de terras verificado pela área total da unidade familiar revela padrões de movimentação e investimentos diferenciados dentre a amostra. A razão de cabeças de gado sobre a área total de pastagens indica que embora todos executem a pecuária, em alguns casos ela não representa grande expressividade. Por exemplo, unidades familiares (proprietárias de terras) residentes na zona urbana têm área total cerca de duas vezes maior que famílias residentes em suas propriedades rurais, embora em ambas a densidade de cabeças no pasto é menor que 0,26. Para unidades familiares com densidade de cabeças maior que esse um quarto a despesa anual por pessoa (indicando riqueza da unidade familiar) explica melhor a variação na área total das propriedades. Contudo, ainda não se distingue por isso aquelas unidades familiares que possuem terras e não exercem atividade produtiva. Na árvore de regressão sem validação cruzada utilizada com propósito exploratório, a residência da unidade familiar foi fator para dividir o grupo com menor área média (81,3 ha) com residência rural

enquanto o grupo com área média duas vezes maior (182,0 ha) residindo no município de Apuí. Essa mesma variável residência (*rural* <, >*urbana*) foi forte competidora para explicar a variância do nó 2 (*despan* <5550), e apresentou 63,3% de correspondência, ficando atrás apenas para mão de obra permanente (<0.5 *moperm*) com 69,1% de poder explicativo da variável selecionada. A exploração das variáveis alternativas indica que existe uma tendência de a área total das propriedades da unidade familiar não depender exclusivamente da rentabilidade da pecuária em seus lotes, mas sim das oportunidades de investimento que move a especulação de terras. Essas áreas podem ser vendidas a recém-chegados resultando em uma retroalimentação positiva de especulação de terras e desmatamento para a expansão de pastagens.

De fato, a pecuária seria inviável se fosse para cumprir as exigências do código florestal de manter 80% da propriedade em cobertura florestal original (Razera 2005; Cenamo e Carrero, no prelo A) e o abandono das propriedades ou venda para famílias com capital de investimento seria maior ainda. Isso foi evidente com a onda dos migrantes brasiguaios contribuiu para aumentar o preço da terra em Apuí a partir de 1999. Contudo, essas terras são vistas como investimento e a renda das unidades familiares provém de outras fontes. Aliás, essas fontes se constituem no verdadeiro enigma do suposto crescimento econômico relacionado à expansão da pecuária em Apuí e contradizem os estudos de rentabilidade realizados em fronteiras como essa. A expansão da pecuária parece manter-se com recursos externos, mesmo apresentando alguns esquemas endógenos de arrendamento ou fornecimento de mão-de-obra para outros que provém recurso financeiro para o investimento da pecuária por algumas unidades familiares.

Argumentos que visam combater as taxas de desmatamento devem considerar seriamente a finitude das possibilidades legais e os gargalos produtivos quando se trata da rentabilidade da pecuária na Amazônia, sobretudo em regiões com precipitações médias anuais relativamente altas. Essas limitações resultam em trajetórias diversas de desmatamento e acúmulo de terras por unidades familiares, dependendo fortemente do capital disponível e das possibilidades de investimento, seja nos mercados e centros urbanos, na produção agropecuária ou florestal. Esse cenário favorece a pecuária e fortalece sua reprodução cultural e material cada vez mais arraigada nas relações sociais e tradicionais.

CONCLUSÃO

Duas tendências entre as famílias amostradas do desmatamento devem ser ressaltadas. A primeira consiste no efeito que os 50 anos da abertura da região amazônica promove na movimentação das populações entre as fronteiras. Facilitada com a rede de estradas e intensificada pela sua expansão, a migração da população de descendentes, que formam novas unidades familiares, ou os pais ao resolverem investir em acúmulo de terras para dividir entre as unidades familiares descendentes, acabam por ocupar as fronteiras na borda do bloco florestal. A segunda é que, independente do capital inicial, a maioria pratica a pecuária possibilitando o acúmulo de terras que depois podem ser consolidadas com menor mão-de-obra. Créditos pecuários e mão-de-obra para outros também contribuem para famílias menos capitalizadas expandirem a infraestrutura pecuária, adquirir matrizes e acumular terras. O café e o cacau são culturas agrícolas que, embora demonstrem ser produtivas e contam com créditos rurais, são vulneráveis às altas taxas de precipitação anual e limitadas pela pequena demanda no município. O resultado dos diferentes tipos de atores nas atividades de

desmatamento e de consolidação da infraestrutura pecuária em seus lotes depende da cobertura vegetal herdada e do tempo de permanência da unidade familiar, geralmente correlacionada com capital disponível para investimento.

A análise da árvore de regressão foi útil em separar os dados de desmatamento considerando a área total como uma variável contínua, refletindo os diferentes níveis de acúmulo de terras e de consolidação da atividade pecuária e tempo de moradia na fronteira. A taxa de crescimento do rebanho bovino no Apuí sugere que os atores capitalizados que chegaram na última década têm grande influência em consolidar áreas já abertas e aumentar as taxas de desmatamento de florestas primárias. Os resultados também demonstram que a aquisição de lotes e a expansão e consolidação da pecuária não parecem estar ligados à sua rentabilidade, e sim ao investimento ou desvio de dinheiro (geralmente público) de outras fontes, configurando o caráter especulativo dessa atividade na Amazônia mesmo para pequenos e médios proprietários. A crescente consolidação da terra em fazendas maiores e mais capitalizadas indica o potencial para altas taxas de desmatamento no futuro. Essas constatações também indicam o deslocamento de um contingente de pequenos agricultores para outras fronteiras e a continuação do desmatamento nessas áreas. Essa complexidade de relações entre os atores envolvidos no desmatamento deve ser contabilizada em modelos espaciais de dinâmica do uso da terra que têm o objetivo de prever o curso e as taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado para o primeiro autor. Aos ajudantes de campo Paulo, Ricardo, Camila, Haroldo e Rogimário. Aos órgãos locais ligados à Secretaria Estadual de Produção Rural (SEPROR-AM: IDAM e CODESAV), ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), e aos inúmeros habitantes de Apuí pelas conversas e disponibilização de documentos. À Fundação Amazonas Sustentável (FAS), ao Programa BECA do Instituto Internacional de Educação do Brasil (IIEB) e Fundação Moore, e ao convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA - PPI.PRJ05.57) pelo suporte financeiro. Aos escritórios locais do IDAM e da Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS-AM), e ao Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (IDESAM) pelo suporte logístico em campo e pelo compartilhamento de informações. A Eduardo S. Brondízio por compartilhar a ficha de questionário de campo, a Paulo M. L. A. Graça e Claudia S. M. N. Vitel pelos valiosos comentários.

LITERATURA CITADA

- Aber, J. D. e J. M. Melillo.** 1991. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders College Publishing, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Aguiar, A.P.D., G. Câmara, e M. I. S. Escada.** 2007. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. *Ecological Modelling* **209**: 169-188.
- Allen, T. F. H. e T. B. Star.** 1983. *Hierarchy Theory: A Vision, Vocabulary and Epistemology*. Columbia University Press, New York, New York, USA.

- Amazonas, CODESAV.** 2009. *Relatório interno, maio de 2009*, não publicado. Apuí, Amazonas, Brasil.
- Amazonas, Instituto de Desenvolvimento Agropecuário (IDAM).** 2007. *Plano Operativo Anual Apuí – 2007*.
- Amazonas, Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável- SDS.** 2007. *Zoneamento Ecológico Econômico: diagnóstico do município de Apuí*.
- Arima, E., P. Barreto e M. Brito.** 2005. *Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para a conservação ambiental*. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, Pará, Brazil..
- Becker, B. K.** 2005. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados* **19** (53): 71-86.
- Brandão Jr., A. e C. Souza Jr.** 2006. Desmatamento nos Assentamentos de Reforma Agrária na Amazônia. *O Estado da Amazônia* **7**. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, Pará, Brasil.
- Brasil, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE.** 2009. Programa de monitoramento do desmatamento da Amazônia via satélite – PRODES. [online] URL: <http://www.obt.inpe.gov.br/prodes/>
- Brasil, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).** 2006. Levantamento da distribuição espacial das “ocupações” nos lotes dos Projetos de Assntamento Rio Juma e Acari. Superintendência Regional do Amazons (SR-15), Manaus, Amazonas, Brasil.
- Brasil, Projeto RadamBrasil.** 1978. *Folha no. SB 20 Purus: geologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Brasil.** 1972. *Programa de Integração Nacional: “Colonização da Amazônia”*. Brasília, D.F., Brazil.
- Brasil Social.** 2009. *Municípios da Rodovia Transamazônica*. [online] URL: http://www.brasilsocial.com/pdf/info_municipios.pdf
- Breiman, L., J. H. Friedman, R. A. Olshen, e C. G. Stone.** 1984. *Classification and Regression Trees*. Wadsworth International Group, Belmont, California, USA.
- Brondízio, E.S., S. D. McCracken, E. F. Moran, E.F., A. D. Siqueira, D. R. Nelson, e C. Rodriguez-Pedraza.** 2002. The Colonist Footprint: Toward a Conceptual Framework of Land Use and Deforestation Trajectories among Small Farmers in the Amazonian Frontier. Pages 133-161 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon*. University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Caldas, M. M., R. T. Walker, E. Arima, S. G. Perz, S. Aldrich, e C. Simmons.** 2007. Theorizing Land Cover and Land Use Change: The Peasant Economy of Amazonian Deforestation. *Annals of the Association of American Geographers* **97**(1):86-110.
- Carr, D. L.** 2002. The role of population change of population change in land use and land cover change in rural Latin America: Uncovering local processes concealed by macro-level data. Pages in M. H. Y. Homiyama and T. Ichinose, editors. *Land use changes in comparative perspective*. Science Publishers, Enfield, NH and Plymouth, UK.
- Carr, D. L.** 2004. Forest clearing among farm households in the Maya Biosphere Reserve. *The Professional Geographer* **57**:157–168.

- Carr, D. L., L. Suter, e A. Barbieri.** 2005. Population Dynamics and Tropical Deforestation: State of the Debate and Conceptual Challenges. *Population and Environment* **27**(1):89-113.
- Carrero, G. C., P. E. Barni, P. M. Fearnside, e P. M. L. A. Graça.** 2008. Os perfis dos atores do desmatamento na dinâmica da expansão de fronteiras agropecuárias: diferenças entre sul de Roraima e Apuí, sudeste do Amazonas. *In Conferência Científica Internacional: Amazônia em Perspectiva: LBA/PPBio/GEOMA*. Manaus, Amazonas, Brazil, Novembro 2008.
- Cenamo, M. C., e G. C. Carrero.** No prelo(a). Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) in Apuí, southern Amazonas: Challenges and Caveats Related to Land Tenure and Governance in the Brazilian Amazon. *Journal of Sustainable Forestry*, in press.
- Cenamo, M. C., e G. C. Carrero.** No prelo(b). *Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) para Reflorestamento e Redução de Emissões do Desmatamento e Degradação Florestal (REDD): Um Estudo de Caso para o Município de Apuí-AM*. Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (IDESAM), Manaus, Amazonas, Brazil.
- Chomitz, K.M. e T. S. Thomas.** 2001. Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity in the Brazilian Amazon. Development Research Group Working Paper, Washington, D.C., USA.
- D'Antona, A.O.; L. K. VanWey, e C. M. Hayashi.** 2006. Property Size and Land Cover change in the Brazilian Amazon. *Population and Environment* **27**: 373-396.
- D'Antona, A.O., A. D. Cak, e L. K. VanWey.** 2008. Collecting sketch maps to understand property land use and land cover in large surveys. *Field Methods* **20**(1): 66-84.
- De'ath, G., K. E. Fabricius.** 2000. Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. *Ecology* **81**(1):3178-3192.
- Downing, T. E., S. B. Hecht, H. A. Pearson, e C. G. Downing.** 1992. Development or destruction: The conversion of tropical forest to pasture in Latin America. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Solos- CNPS .** 2006. *Sistema brasileiro de classificação de Solos*. 2ª Ed. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- Ewers, R. M.** 2006. Interactions effects between economic development and forest cover determine deforestation rates. *Global Environmental Change* **16**:161-169.
- Ewers, R.M. W. F. Laurance, e C. Souza Jr.** 2008. Temporal fluctuations in Amazonian deforestation rates. *Environmental Conservation* **38**(4):303-310.
- Faminow, M.D.** 1998. *Cattle, Deforestation and Development in the Amazon: An Economic, Agronomic and Environmental Perspective*. CAB International, New York, New York, USA.
- Faminow, M. D., e S. A. Vosti.** 1998. Livestock-deforestation links: Policy issues in the Western Amazon. Pages in A.J. Nell, editor. *Livestock and the environment international conference*. World Bank, Food and Agriculture Organization, and the International Agricultural Centre, Wageningen, The Netherlands.
- FAO/CP.** 1987. *Brazil: Northwest I, II and III Technical Review Final Report*. Food and Agriculture Organization/World Bank Cooperative Program, Rome, Italy.

- Fearnside, P. M.** 1979. Previsão da produção bovina na rodovia Transamazônica do Brasil. *Acta Amazonica* **9**(4):689-700.
- Fearnside, P. M.** 1980. Land use allocation of the Transamazon Highway colonists of Brazil and its relation to human carrying capacity. Pages 114-138 in F. Barbira-Scazzocchio, editor. *Land, People and Planning in Contemporary Amazonia*. University of Cambridge, Centre of Latin American Studies Occasional Paper No. 3, Cambridge, UK.
- Fearnside, P. M.** 1984. Land clearing behaviour in small farmer settlement schemes in the Brazilian Amazon and its relation to human carrying capacity. Pages 255–271 in A. C. Chadwick and S. L. Sutton, editors. *Tropical rain forest: the Leeds Symposium*. Leeds Philosophical and Literary Society, Leeds, UK.
- Fearnside, P. M.** 1986. *Human carrying capacity of the Brazilian rainforest*. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Fearnside, P. M.** 1987. Causes of deforestation in the Brazilian Amazon. Pages 37–61 in R. F. Dickinson, editor. *The geophysiology of Amazonia: vegetation and climate interactions*. John Wiley, New York, New York, USA.
- Fearnside, P.M.** 1993. Deforestation in the Brazilian Amazonia: The Effects of Population and Land Tenure. *Ambio* **22**(8):p. 537-545.
- Fearnside, P. M.** 1999. "Cattle, Deforestation and Development in the Amazon: An Economic, Agronomic and Environmental Perspective" by Merle D. Faminow. *Environmental Conservation* **26**(3):238-240.
- 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.** 2008. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology and Society* **13**(1): 23. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art23/>
- Fearnside, P.M. e P.M.L.A. Graça.** 2006. BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho Highway and the Potential Impact of Linking the Arc of Deforestation to Central Amazonia. *Environmental Management* **38**:705-716.
- Ferraz, S. F. B., C. A. Vettorazzi, D. M. Theobald, e M. V. R. Ballester.** 2005. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. *Forest Ecology and Management* **204**:67-83.
- Geist, H. J., e E. F. Lambin.** 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* **52**(2):143–150.
- Godoy, R., S. Groff, e K. O'Neill.** 1998, The role of education in neotropical deforestation: Household evidence from Amerindians in Honduras. *Human Ecology* **26**: 649–675.
- Graça, P. M. L. A., e A. M. Yanai.** 2008. Análise da dinâmica espacial da vegetação secundária em Samuel (RO) a partir de dados multitemporais de Landsat TM no período de 1998 a 2007. Pages 56-59 in Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPCandT Fase I/ PPG7 (Anais). Belém, Pará, Brasil.

- Hecht, S.B.** 1985. Environment, Development and Politics: Capital Accumulation and the Livestock Sector in Eastern Amazonia. *World Development* **13**(6):663-684.
- Hecht, S. B.** 1987. Contemporary dynamics of Amazonian Development: reanalyzing colonist attrition.
- Hecht, S. B.** 1993. The logic of livestock and deforestation in Amazonia. *Bioscience*, **43**(3):687-695.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).** 2007. Censos Populacionais e Agropecuários. [online] URL:<http://www.ibge.gov.br>.
- Kaimowitz, D.** 1996. *Livestock and deforestation: Central America in the 1980s and 1990s. A policy perspective.* Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Kaimowitz, D., e A. Angelsen.** 1998. *Economic models of tropical deforestation: a review.* Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Köppen, W.** 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra.* Fondo de Cultura Económica, Cidade do México, México.
- Lambin, E.F., B. L. Turner, H. J. Geist, S. B. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. S. George, K. Homewood, J. Imbernon, J., R. Leemans, X. Li, E. F. Moran, M. Mortimore, P. S. Ramakrishnan, J. F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. A. Veldkamp, C. Vogel, e J. Xu.** 2001 The Causes of Land-Use and Land-Cover Change: Moving Beyond the Myths. *Global Environmental Change* **11**:261-269.
- Laurance, W. F.** 2000. Mega-development trends in the Amazon: implications for global change. *Environmental Monitoring and Assessment* **61**: 113-122.
- Liu, J., T. Dietz, S. R. Carpenter, M. Alberti, C. Folke, E. F. Moran, A. N. Pell, P. Deadman, T. Kratz, J. Lubchenco, E. Ostrom, Z. Ouyang, W. Provencher C. L. Redman, S. H. Schneider, e W. W. Taylor.** 2007. Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science* **317**:1513-1516.
- Mahar, D J.** 1979. *Frontier development policy in Brazil: a study of Amazonia.* Praeger, New York, New York, USA.
- Mahar, D J.** 1989. Government Policies and Deforestation in Brazil's Amazon Region. World Bank, Washington, D.C., USA.
- Margulis, S.** 2000. Quem são os agentes dos desmatamentos na Amazônia e por que eles desmatam? *Concept Paper* prepared for the World Bank, Washington, D.C., USA.
- Marquette, C. M.** 1998. Land Use Patterns Among Small Farmer Settlers in the Northeastern Ecuadorian Amazon. *Human Ecology* **26**(4):573-598.
- McCracken, S.D., E. S. Brondízio, D. Nelson, E. F. Moran, A. D. Siqueira, e C. Rodriguez-Pedraza.** 1999. Remote sensing and GIS at farm property level: Demography and deforestation in the Brazilian Amazon. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **65**: 1311-1320.
- McCracken, S.D., A. D. Siqueira, E. F. Moran, e E. S. Brondízio.** 2002. Land Use Patterns on an Agricultural Frontier in Brazil: Insights and Examples from a Demographic Perspective. Pages 162-192 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon.* University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.

- Mertens, B., R. Pocard-Chapuis, M. G. Piketty, A. E. Lacques, e A. Venturieri.** 2002 Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon: the case of São Félix do Xingú in South Pará. *Agricultural Economics* **27**(3):269-294.
- Moran, E.F.** 1981. *Developing the Amazon*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana, USA.
- Moran, E.F., E. S. Brondízio, P. Mausel, e Y. Wu.** 1994. Integrating Amazonian Vegetation, Land Use and Satellite Data. *Bioscience* **44**(5):329-338.
- Moran, E.F., A. Packer, E. S. Brondízio, e J. Tucker.** 1996. Restoracion of Vegetation Cover in the Eastern Amazon. *Ecological Economics* **18**(1):41-54.
- Nascimento, R.R. e P.M.L.A. Graça.** 2009. Análise da dinâmica espacial da vegetação secundária em Apuí (AM) a partir de dados multitemporais de Landsat TM no período de 1998 a 2007. PPG7, Simpósio Ciência e Tecnologia, SPC&T Fase II/PPG7, editors. *In Anais...Belém, Pará, Brazil*.
- Nepstad, D. C.; C. M. Stickler e O. T. Almeida.** 2006. Globalization of the Amazon Soy and Beef Industries: Opportunities for Conservation. *Conservation Biology* **20**(6):1595-1603.
- Ozório de Almeida, A. L., e J. S. Campari.** 1995. Sustainable Settlement in the Brazilian Amazon. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Perz, S. G.** 2001. Household Demographic factors as life cycle determinants of land use in the Amazon. *Population Research and Policy Review* **20**: 159-186.
- Perz, S. G.** 2002. Population growth and net migration in the Brazilian Legal Amazon, 1970-1996. Pages 107-129 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon*. University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Pichón, F.** 1997. Colonist and land allocation decisions, land use and deforestation in the Ecuadorian Amazon Frontier. *Economic Development and Cultural Change* **45**(4): 707-744.
- R Core Development Team.** 2008. R. version 2.6.2 (2008-02-08) Copyright © 2008. The R Foundation for Statistical Computing.[online] URL: <http://www.r-project.org/>
- Razera, A.** 2005. *Dinâmica do desmatamento em uma nova fronteira do sul do Amazonas: análise da pecuária de corte no município do Apuí*. Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) and Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brazil.
- Rindfuss, R.R., S. J. Walsh, B. L. Turner, J. Fox, e V. Mishra.** 2004. Developing a science of Land Change: Challenges and methodological issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **101**(39):13796-13981.
- Rudel, T.K.** 2005. Changing Agents of Deforestation: from State-initiated to Enterprise Driven Processes, 1970-2000. *Land Use Policy* **24**: 35-41.
- Sawyer, D.** 2001. Evolução demográfica, qualidade de vida e Desmatamento na Amzônia. Pages 73-90 in 20 editors. *Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia*. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, D.F., Brazil.
- Schmink, M., e C. H. Wood.** 1992. *Contested frontiers in Amazonia*. Columbia University Press, New York, New York, USA.

- Schneider, R. R., E. Arima, A. Veríssimo, P. Barreto, e C. Souza Jr.** 2000. *Amazônia sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural*. World Bank, Brasília, DF and Instituto do Homem e Ambiente na Amazônia (IMAZON), Belém, Pará, Brazil.
- Segal, M. R.** 1988. Regression trees for censored data. *Biometrics* **44**:35–47.
- Schubart, H.** 1999. Biodiversidade e território na Amazônia. In: *III Congresso Sul-Americano de Alternativas de Desenvolvimento Resgatando a Amazônia: uma nova história*. Manaus, Amazonas, Brazil.
- Serrão, A., I. Falesi, J. B. Vega, e J. F. Teixeira.** 1979. Productivity of cultivated pastures on low fertility soils in the Brazilian Amazon. Pages 125-168 in P.A. Sanchez and L.E. Tergas, editors. *Pasture Production in Acid Soils of the Tropics*. CIAT, Cali, Colombia.
- Soares-Filho, B. S., D. C. Nepstad, L. M. Curran, G. C. Cerqueira, R. A. Garcia, C. A. Ramos, E. Voll, A. McDonald, P. Lefebvre, e P. Schlesinger.** 2006. Modelling conservation in the Amazon Basin. *Nature* **440**:520–523.
- Sydenstricker Neto, J. e S. A. Vosti.** 1993. *Household Size, Sex Composition, and Land Use in Tropic Moist Forests: Evidence from the Machadinho Colonization Project, Rondonia, Brazil*, unpublished manuscript.
- Therneau, M. T., B. Atkinson, B. Ripley, J. Oksanen, e G. De'ath.** 2009. Package 'mvpart', v. 1.2-6. The R Foundation for Statistical Computing.[online] URL: <http://www.r-project.org/>
- Toledo, J., e Serrão, A.** 1982. Pasture and animal production in Amazonia. Pages in S.B. Hecht (ed.) *Land use and agriculture research in the Amazon Basin*. CIAT, Cali, Colombia.
- Uhl, C.; A. Veríssimo; M. M. Mattos; Z. Brandino, e I.C.G. Vieira.** 1991. Social, Economic, and Ecological Consequences of Selective Logging in the Amazon Frontier: the case of Tailândia. *Forest Ecology and Management* **46**:243-273.
- Vosti, S. A., J. Witcover, e C. L. Carpentier.** 2002. Agricultural Intensification by Smallholders in the western Brazilian Amazon. Research Report 30, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., USA.
- Walker, R. T.** 2003. Mapping Process to Patern in the Landscape Change of the Amazonian Frontier. *Annals of the Association of American Geographers* **93**(2):376-398.
- Walker, R.T., e A. K. O. Homma.** 1996. Land use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: An overview, *Ecological Economics* **18**: 67–80.
- Walker, R. T., E. F. Moran, e L. Anselin.** 2000. Deforestation and Cattle Ranching in the Brazilian Amazon: external Capital and Household Processes. *World Development* **28**(4):683-699.
- Wolf, S. A., e T. F. H. Allen.** 1995. Recasting alternative agriculture as a management model: the value of adept scaling. *Ecological Economics* **12**:5-12.
- Wu, J.** 2008. Landscape Ecology, cross-disciplinarity, and sustainability science. *Landscape Ecology* **21**:1-4.

ARTIGO 2

O ENIGMA DO APUÍ: PADRÕES DE EVOLUÇÃO DO DESMATAMENTO E CONSOLIDAÇÃO DA PECUÁRIA DESAFIANDO A LÓGICA DE ECONOMISTAS, AGRÔNOMOS E GOVERNOS¹

Gabriel C. Carrero*², Philip M. Fearnside⁴ e Paulo Maurício L. A. Graça⁴

RESUMO

As fronteiras de expansão do desmatamento na Amazônia compreendem sub-regiões que apresentam diferentes velocidades de mudança da paisagem. A maioria dos trabalhos de trajetória do desmatamento utiliza dados agregados na escala de estados e bioma, ou foi realizado em regiões do arco do desmatamento que conta com extensa rede de estradas pavimentadas e melhor acesso aos mercados consumidores. Este artigo apresenta a trajetória de desmatamento no Apuí, especificamente no Projeto de Assentamento Rio Juma (PARJ), que concentra 74% do desmatamento do município. Foi verificado que indicadores macroeconômicos (como o produto interno bruto ou variação da taxa de câmbio) não afetam ou resultam em respostas atrasadas de desmatamento nos lotes do PARJ, quando comparados a outros estudos. Além da distância a mercados, a maior pluviosidade anual parece ter contribuído para taxas iniciais de desmatamento menores que em outras regiões de menor pluviosidade. O acúmulo de área desmatada nos lotes não teve tendência a estabilizar entre 3 e 6 anos conforme outros estudos, e pareceu estar associado à constante mudança de proprietários ocupando os lotes com maior capital para investir em derrubadas. A pouca fiscalização ambiental e principalmente à falta de alternativas produtivas economicamente viáveis além da pecuária extensiva, também indicam que mesmo desvantajosa essa última não é inviabilizada. Nessa escala de análise não foi possível concluir quais os fatores e em que proporção eles contribuem para o avanço da pecuária. Contudo, recentemente a maior presença de madeiras, da atividade de garimpos e a especulação de terras indicam que muito do capital investido na pecuária provém de outras fontes que não da rentabilidade dessa atividade. Por fim, a heterogeneidade das fronteiras de desmatamento, sob efeito de mudanças locais e regionais em sua evolução, indica que padrões e processos são constantemente re-estruturados de acordo com as oportunidades temporais locais. Esses padrões e processos locais devem ser melhor compreendidos, e têm importante função de direcionar o curso do desmatamento futuro e em que prováveis taxas locais ele ocorrerá.

Palavras-chave: Desmatamento, fronteiras, pecuária, uso-da-terra, assentamento, políticas de desenvolvimento.

¹ Este artigo está formatado de acordo com as normas do periódico *Ecology and Society*.

² Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Manaus, Amazonas, Brasil.

*E-mail para correspondência: carrerogc@gmail.com

INTRODUÇÃO

O desmatamento nas florestas tropicais tem efeitos adversos para a sociedade e para a biosfera resultando na degradação ambiental, na mudança do ciclo da água e de nutrientes e sedimentos, e na redução da riqueza e da diversidade biológica, além de contribuir para as emissões de gases de efeito estufa. Na porção do bioma Amazônia no Brasil, o desmatamento ocupa cerca de 744.000 km², ou 18,6% da área de cobertura florestal original (Brasil, INPE 2009). Na Amazônia brasileira, as atividades de desmatamento e usos da terra subsequentes representam quase a porção total de aproximadamente 70% das emissões totais de gases de efeito estufa do Brasil (Brasil, MCT 2006), quarto país na lista dos maiores emissores globais (WRI 2009). A expansão de infraestrutura, particularmente estradas, é o vetor desencadeador do desmatamento nas florestas tropicais mundiais (Geist e Lambin 2002). Na Amazônia brasileira a densa rede de estradas se localiza nas porções sul e leste da bacia, onde cerca de 80% do desmatamento se concentra. Mais próximas ao sul e sudeste do país, essas porções foram as primeiras a serem abertas à colonização e à expansão da agropecuária e da exploração dos recursos naturais e minerais. Foram criados pólos de desenvolvimento em regiões estratégicas, dentre eles o “Polonoroeste” que incluía o estado de Rondônia e a porção sudoeste do estado do Mato Grosso (Mahar 1989). Nesses pólos o investimento em infraestrutura e produção com os fortes subsídios foram determinantes para atrair capital para a Amazônia resultando em grandes áreas desmatadas (Fearnside 1986). A emissão de novos subsídios cessou no final da década de 1970 (Mahar 1989), mas os subsídios já adquiridos continuam a influenciar o desmatamento até hoje (Fearnside 2008). Recentemente, a tendência de expansão das fronteiras em direção ao centro da Amazônia (Laurance 2000, Fearnside e Graça 2006) com o aumento da migração intrarregional (Ozório de Almeida e Campari 1995, Perz 2002) está aumentando as taxas de desmatamento em municípios no sul do Amazonas (Brasil, INPE 2009). Embora as rodovias sejam importantes para iniciar o processo, os vetores envolvidos no desmatamento e suas contribuições variam grandemente, com o uso destinado à terra indicando o potencial de desmatamento em cada região.

Wood (2002) propõe uma divisão dos vetores de mudança e uso da terra entre biofísicos e socioeconômicos, operando nos níveis locais, intermediários e distantes, ou locais, regionais e globais. Vetores regionais ou globais são analisados com dados agregados (estadual ou bioma), e constituem uma ferramenta importante para avaliar a mudança global na cobertura vegetal (Wood e Skole 1998). Dentre os vetores socioeconômicos temos o transporte, que varia de acordo com a distância de rodovias e centros urbanos (Pfaff 1999, Alves 2002, Laurance et al. 2001), os planos econômicos e as taxas de câmbio (Mahar 1979, Hecht 1985, Fearnside 2005), os mercados internacionais de commodities agropecuárias como soja e carne bovina (Nepstad et al. 2006) e os índices de desenvolvimento humano (Rodrigues et al. 2009). O padrão de desenvolvimento da economia regional nas fronteiras de expansão foi denominado “do boom ao colapso” e é descrito por diversos autores (Schneider et al. 2000, Celantano e Veríssimo 2007, Rodrigues et al. 2009). Ele demonstra a tendência global do desmatamento ser conduzido por desenvolvimento econômico, como em 81% dos casos analisados por Geist e Lambin (2002) que atuaram quase sempre em associação com outras variáveis. Recentemente fatores macroeconômicos ocorrem de uma maneira que passam a envolver também os pequenos produtores (Rudel 2005).

Dentre os fatores biofísicos relacionados, temos o índice pluviométrico, o período de meses sem chuva e a fertilidade dos solos como os principais determinantes do desmatamento e uso da terra (Schneider et al. 2000, Chomitz e Thomas 2001, Laurance et al. 2002). Aproximadamente 90% dos solos amazônicos são ácidos com umidade excessiva favorecendo

o desenvolvimento de pragas e doenças (Schubart 2000). A regeneração secundária foi reportada ser mais intensa em solos mais férteis (Moran et al. 2002), contudo a proporção de biomassa de ervas daninhas em pastagens foi reportada ser maior em solos mais pobres (Serrão et al. 1971). O excesso de chuvas pode tornar as queimadas inviáveis em áreas muito úmidas (Smith 1982). Essas condições impõem uma barreira natural ao desenvolvimento agrícola, principalmente na Amazônia central (Cochrane e Sanchez 1982). Contudo, a tendência é a aceleração do crescimento do rebanho bovino amazônico e conseqüentemente da área de pastagens (Nepstad et al. 2006), não só pela dinâmica da pecuária cada vez mais rentável e consolidada no arco do desmatamento atingindo também mercados do sul e externos, mas também pela pressão da fronteira agrícola avançando das áreas de cerrado para a Amazônia (Margulis 2000).

Atualmente, o cenário político internacional apóia ações que promovam a sustentabilidade no uso dos recursos naturais, com convenções internacionais sobre biodiversidade, mudança climática e desertificação influenciando políticas ambientais nacionais. Por outro lado, o crescimento agropecuário e da exploração madeireira são guiados pelas leis do mercado globalizado (Nepstad et al. 2006). O reflexo desses cenários no contexto político nacional é contraditório e se manifesta nas metas antagônicas em reduzir o desmatamento (Brasil, Casa Civil 2004) e ao mesmo tempo pavimentar rodovias federais e construir novas hidroelétricas (Brasil, MPOG 2009). Não obstante, os fatores proximais do desmatamento também estão em marcha e acabam por definir o destino e o passo da conversão da floresta amazônica nas fronteiras de expansão. Evidências indicam que o denso padrão de ocupação com pastagens extensas de baixa produtividade da Amazônia Oriental (sobretudo no Pará) teria ainda menor sucesso nas regiões com maiores índices pluviométricos a oeste (Chomitz e Thomas 2001). Os custos de oportunidade nessas regiões favorecem alternativas econômicas que valorizam os serviços ambientais da floresta (Fearnside 2003), como a criação de áreas protegidas, desenvolvimento de cadeias extrativas e de sistemas agro-ecológicos. O solo pode ser considerado pouco limitante para a pecuária, visto que em geral os solos da Amazônia são inférteis. Em algumas regiões, como no estado do Acre, as pastagens expandem onde há acesso mais fácil e não onde os solos são relativamente mais férteis. Essas possibilidades e limitações regionais associadas à dinâmica populacional (Hecht 1985, Barbier et al. 1997, Geist e Lambin 2002, Perz 2002) podem afetar diretamente a resposta da população rural sobre o uso da terra e mudança na cobertura vegetal (Lambin et al. 2001).

Nas fronteiras de expansão do desmatamento na Amazônia, as sub-regiões coexistem muito próximas e apresentam diferentes velocidades de mudança da paisagem (Brondízio et al. 2002, Soares-Filho et al. 2006, Aguiar et al. 2007). Existe a tendência de áreas com maior precipitação terem menor impacto inicial de derrubada da floresta, aumentando gradativamente com o tempo de ocupação, a formação de vilas e o desenvolvimento de cidades e mercados locais (Chomitz e Thomas 2001). As causas proximais variam grandemente de local para local e estão relacionadas ao tempo de permanência na fronteira, à dinâmica das unidades familiares (donos de terra) e aos efeitos de período (McCracken et al. 2002) sob condições diversas de mercado, de infraestrutura e ambientais (Brondízio et al. 2002, Carr et al. 2005, Liu et al. 2007, Wu 2008). Nesse contexto, se torna interessante avaliar a resposta de diferentes regiões de fronteiras do desmatamento, particularmente aquelas em que as taxas de desmatamento vêm aumentando na última década, como é o caso do sul do Amazonas. Essa região possui rodovias federais, onde assentamentos da reforma agrária e terras devolutas apropriadas por atores com capital para investimento concentram a maior parte do desmatamento. A maior porção desmatada do Estado do Amazonas se encontra nos municípios de Lábrea e Boca do Acre, onde o Projeto de Assentamento Monte e a área ao

longo da BR-317, mais as estradas clandestinas partindo da BR-364 na região da Ponta do Abunã adentram no Amazonas (Vitel 2009). Apuí, na Rodovia Transamazônica (BR-230) concentra 16% do desmatamento do estado e é o quarto município com maior área desmatada do Amazonas, atrás de Lábrea, Boca do Acre e Itacoatiara (Brasil, INPE 2009). Aproximadamente 74% do desmatamento em Apuí se concentram dentro do Projeto de Assentamento do Rio Juma (PARJ).

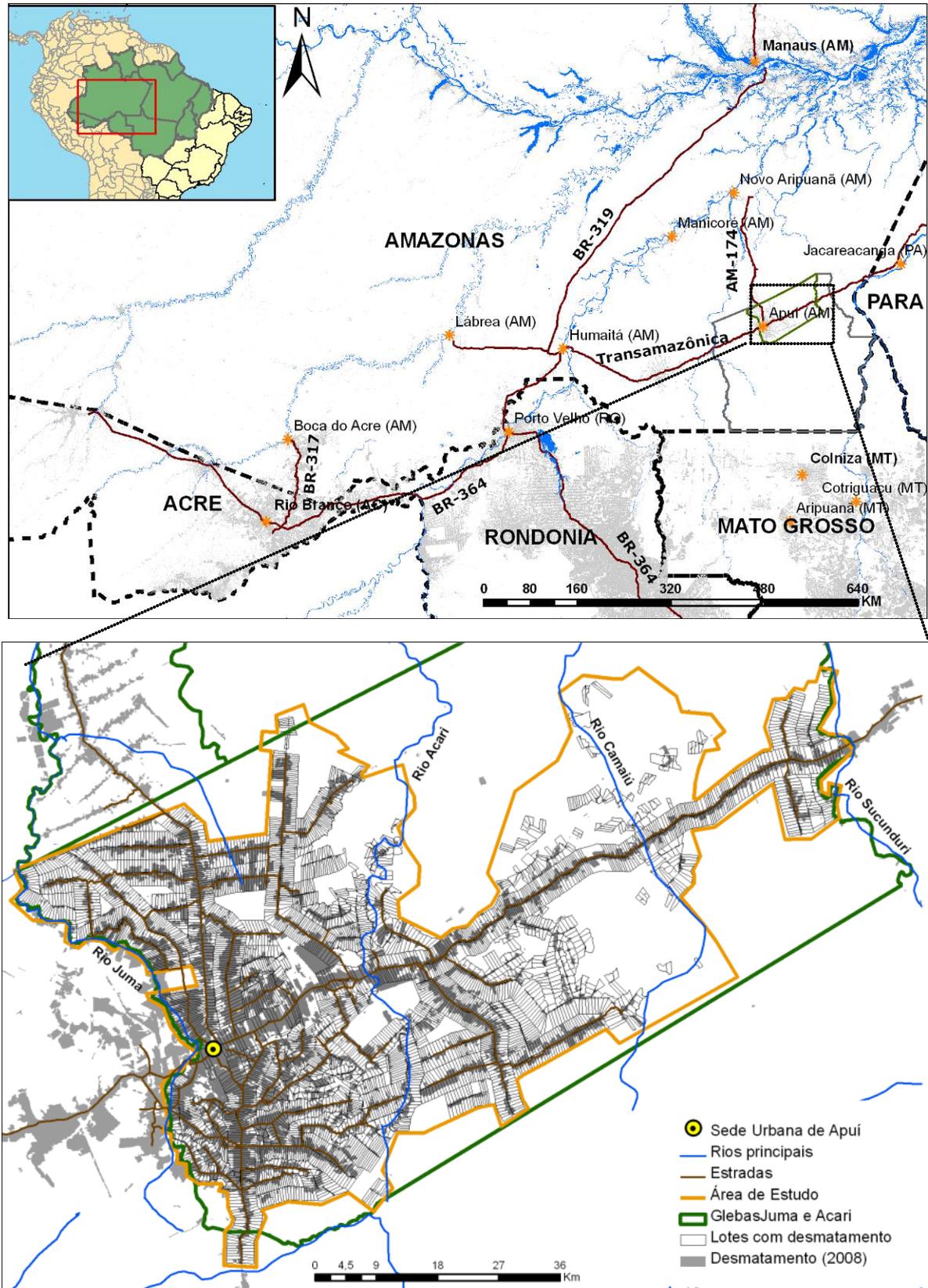
MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende o PARJ, localizado no Município de Apuí, Latitude 7,20°S e Longitude 59,89°W, no sudeste do Amazonas, ao longo de aproximadamente 110 km em uma faixa entre as margens da Rodovia Transamazônica (BR-230). A cidade de Apuí se localiza dentro do PARJ no km 540 da rodovia (Fig. 1). A área apresenta altitude média de 135 metros acima do nível do mar com relevo moderadamente ondulado (Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1978). A precipitação média anual está predominantemente entre 2200 e 2400 milímetros anuais e a temperatura média anual varia entre 25° e 27° C, com umidade relativa do ar média em 85%. O clima é o tropical de monções (Köppen 1948), com um período de estação seca geralmente entre junho a agosto. O período mais chuvoso na região de Apuí corresponde ao trimestre janeiro- março.

Segundo RADAMBRASIL (1978) o tipo de solo dominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo, com uma pequena porção de Argissolos Bruno-Acinzentados (EMBRAPA, CNPS 2006), antes classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelos, semelhantes aos Ultisols na taxonomia de solos (Aber e Melillo 1991). Ambos esses tipos de solo são ácidos e apresentam baixa concentração de nutrientes. Fearnside (1979) considera que esses dois solos possuem níveis similares de vários nutrientes e de decréscimo na produtividade de pastagem com o passar do tempo, sobretudo associada à concentração de fósforo. O fósforo é o nutriente que apresenta o maior declínio com o aumento a idade da pastagem (Hecht 1985), considerado a maior razão para a instabilidade da produtividade dos pastos na Amazônia (Serrão et al. 1979, Toledo e Serrão 1982). A região também apresenta solos antropogênicos de “terra preta de índio”, distribuídos em pequenas manchas localizadas geralmente às margens de corpos hídricos. Esses solos têm alta concentração de nitrogênio e fósforo e são geralmente desmatados para a agricultura.

Figura 1. Localização da área da gleba Juma na fronteira de desmatamento e área de estudo delimitada pelo perímetro de lotes do P.A. Rio Juma e pelos lotes com desmatamento.

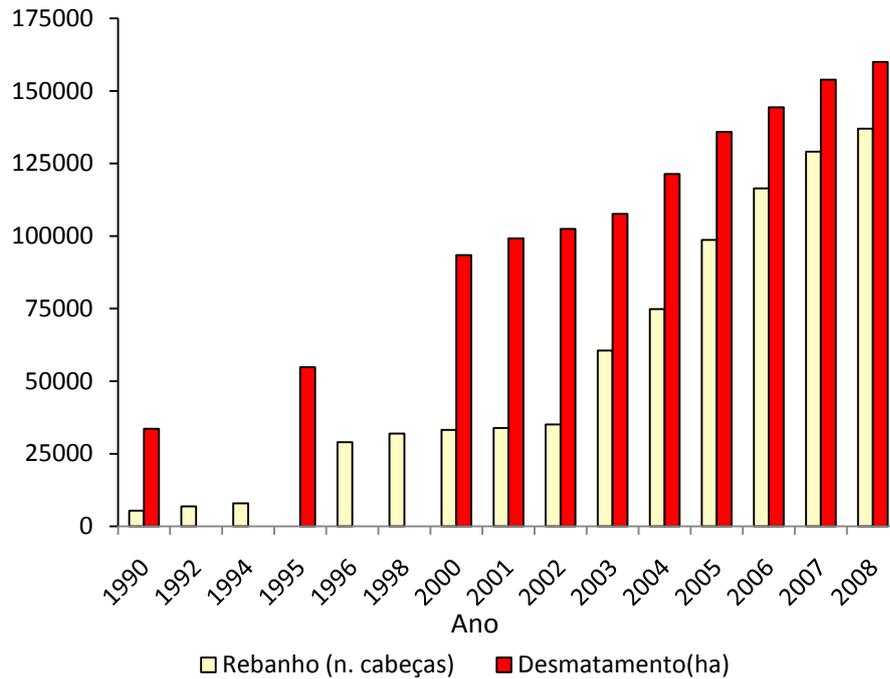


Apuí foi fundado em 1987, desmembrado do Município de Borba ao norte. A rodovia Transamazônica foi construída no início da década de 1970, e em 1982 foi criado o PARJ pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). A gleba do P.A. Rio Juma apresenta área total de 690.000 hectares (Fig. 1), dos quais 464.733 hectares compreendem a área do perímetro da área destinada ao loteamento. Essa área teria originalmente 7.500 lotes, de acordo com o decreto de criação, e inclui também áreas de terras remanescentes e destinadas às estradas vicinais dentre os lotes, e áreas de fazendas supostamente tituladas anteriormente à criação do PARJ. Para garantir que a análise do desmatamento da área tenha os limites de cada propriedade muito bem definidos, foi utilizado o conjunto os 4023 lotes com desmatamento até o ano de 2008 (Fig. 1). Esses lotes foram ocupados a partir da finalização desse trecho da rodovia Transamazônica em 1974 até o ano de 2008, perfazendo um período de registro do desmatamento referente a 44 anos de ocupação. A área média dos lotes com desmatamento é de 75,5 hectares (DP \pm 29), totalizando 303.793 hectares ou 65,3% da área total do perímetro. A análise no nível da paisagem de colonização foi baseada nas estimativas de desmatamento de cada lote em relação a sua área total.

Através da rodovia BR-230, é possível chegar a sede de Humaitá à oeste (distante 400 km) e à cidade de Jacareacanga a leste, no Estado do Pará (distante a 300 km). A rodovia AM-174, permite a conexão ao norte com a sede do município de Novo Aripuanã (distante 290 km). Apesar do município contar com uma extensa rede hídrica (Rios Juma, Acari, Sucundurí, Aripuanã e Juruena) os rios só são amplamente navegáveis durante cerca de seis meses ao ano (época das cheias), devido à redução do nível da água na época das secas e o grande número de corredeiras e leitos rochosos (Amazonas 2007). As estradas são praticamente intrafegáveis no período das chuvas fortes (dezembro a abril) que dificulta e encarece o transporte de mercadorias para a cidade e o escoamento da produção local para fora do município. Dentro da área do PARJ existem 108 “estradas” vicinais, em diversas fases de construção, com apenas 36 concluídas e em boas condições de tráfego, 18 parcialmente concluídas (faltam trechos a serem abertos) e 54 vicinais permitem acesso aos lotes apenas por picadas (trilhas) ou carregadores (Brasil, INCRA 2006). As vicinais parcial e totalmente concluídas somam uma extensão de aproximadamente 1.200 quilômetros. Além das vicinais planejadas e abertas pelo INCRA, existem ainda carregadores abertos por iniciativa de proprietários ou madeireiros, muitas vezes construídos clandestinamente para ocupar as terras de extração ilegal de madeira.

O Apuí passa nos últimos anos por um processo de crescimento populacional associado ao aumento do desmatamento e da expansão da atividade pecuária. Do início da década de 1990 até 2007 a população triplicou atingindo mais de 17 mil habitantes, enquanto que a proporção entre população urbana (41,6%) e rural (58,4%) foi praticamente constante durante o período de 1991 e 2000 (IBGE 2007). O crescimento do rebanho do município começou a crescer mais rápido após 2003 e continua a crescer há uma menor taxa, enquanto que o desmatamento cresceu continuamente desde 1990, com pequenas oscilações (Fig. 2). O número de produtores de gado cadastrados no PARJ atingiu 1052 até março de 2009 (Amazonas, CODESAV 2009) e indica a concentração de terras dos proprietários que pode chegar a cerca de 50 lotes ocupados por uma mesma pessoa ou uma empresa agropecuária (Brasil, INCRA 2006). O PARJ foi estabelecido com baixo controle fundiário e pouca assistência técnica rural. Esse fato, somado às dificuldades naturais e econômicas da produção agrícola na região, contribuiu para o processo de compras irregulares de terras e estabelecimento de conglomerados de propriedades para instalação de pecuária extensiva.

Figura 2. Evolução do rebanho bovino e do desmatamento no município de Apuí entre 1990 e 2008.



Fontes: Rebanho bovino: 1990-2002 (IBGE, 2007); 2002-2008 (Amazonas, CODESAV 2009). Desmatamento 1990 (Amazonas, SDS a partir de dados do INPE); 1995 (Cenamo e Carrero, no prelo A); 2000 a 2008 (Brasil, INPE 2009).

Dos 144.390 hectares desmatados no município em 2006 (Brasil, INPE 2009), 97.550 eram ocupados por “áreas produtivas” (IDAM 2007), das quais aproximadamente 86.000 hectares são pastagens destinadas à pecuária. A diferença de quase 47.000 ha (entre a área desmatada e áreas produtivas) são provavelmente áreas de pastagens abandonadas e degradadas ou áreas em regeneração. As taxas de corte de vegetação secundária na região do Apuí foram intensas nos períodos 1998-1999, 2002-2003 e 2004-2005 com média anual aproximada de 5200 hectares (Nascimento e Graça 2009).

Coleta e Análise de Dados

Dados de desmatamento

Os dados de desmatamento foram obtidos da análise de imagens de satélite em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando os programas Global Mapper v6.0, e ArcInfo v.9.2. As análises utilizaram dados de imagens dos sensores TM na composição colorida R(5); G(4); B(3) compostas por bandas espectrais dos satélites *Landsat 5e 7* (ponto 230, órbita 65), e do satélite *Landsat 2* (ponto 247, órbita 65), sensor MSS compondo bandas coloridas R(7); G(5); B(4), totalizando oito datas distintas, obtidas por internet do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE (Tab. 1). O SIG foi manipulado em projeção de coordenadas planas UTM (zona 21S) e datum SAD 69. Todas as imagens foram georreferenciadas utilizando pontos controle, obtidos na primeira saída de campo em outubro de 2007, associados ao mosaico de imagens de *Landsat GEOCOVER* (Mr.Sid/NASA) da região do Apuí (Zona 21-00-05S). As imagens utilizadas não continham nuvens sobre a área

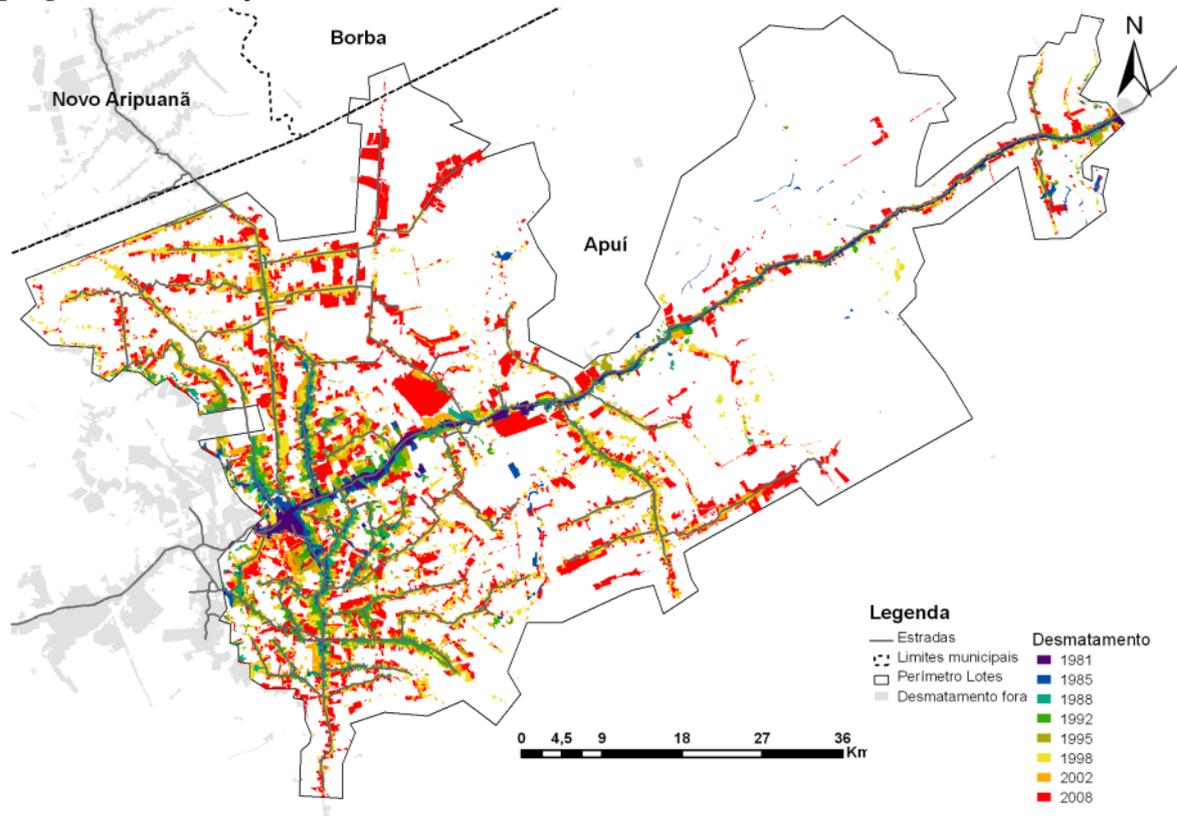
de estudo. Os polígonos de desmatamento de cada imagem foram delimitados, a partir da interpretação visual, utilizando uma escala fixa de 1:30.000, obtendo-se um plano de informação para cada data. Áreas de vegetação de campina ou savana (Brasil, INPE 2009), mesmo quando interpretadas contendo desmatamento, não foram incluídas na área total desmatada dos planos de informação (camadas ou ‘layer’) respectivos.

Tabela 1. Imagens de satélite utilizadas na coleta dos dados, sensores, datas e bandas utilizadas para compor uma imagem RGB.

Satélite	Sensor	Data	Bandas
Landsat 2	MSS	09/07/1981	754
Landsat 5	TM	13/06/1985	543
Landsat 5	TM	08/08/1988	543
Landsat 5	TM	03/08/1992	543
Landsat 5	TM	09/06/1995	543
Landsat 5	TM	03/07/1998	543
Landsat 7	ETM	23/08/2002	547
Landsat 5	TM	14/07/2008	543

Para definir o desmatamento de cada camada foi utilizada a soma das camadas anteriores como base, gerando uma matriz de transição espacial de desmatamento representando oito períodos no tempo de julho de 1981 até julho de 2008 (Fig. 3). O período entre 1988 e 1992 representa os polígonos de desmatamento que ocorreram na imagem de 1992 menos o conjunto de polígonos das imagens anteriores, *i.e.* 1981, 1985 e 1988. Essa matriz de transição temporal de polígonos de desmatamento considera apenas desmatamento de floresta, sem informação sobre usos do solo como áreas degradadas ou abandonadas em regeneração secundária. A re-utilização dessas últimas, embora possa revelar padrões sutis de estratégias de uso da terra por diferentes proprietários (*e.g.* Pichón 1997, Futtema e Brondízio 2003, Dantona et al. 2006), requer grande esforço em coleta, tratamento e programação de dados de sensoriamento remoto e não foi abordada nessa escala de análise.

Figura 3. Desmatamento acumulado dentro do perímetro da grade de lotes do P.A. Rio Juma, dividido por período de transição.



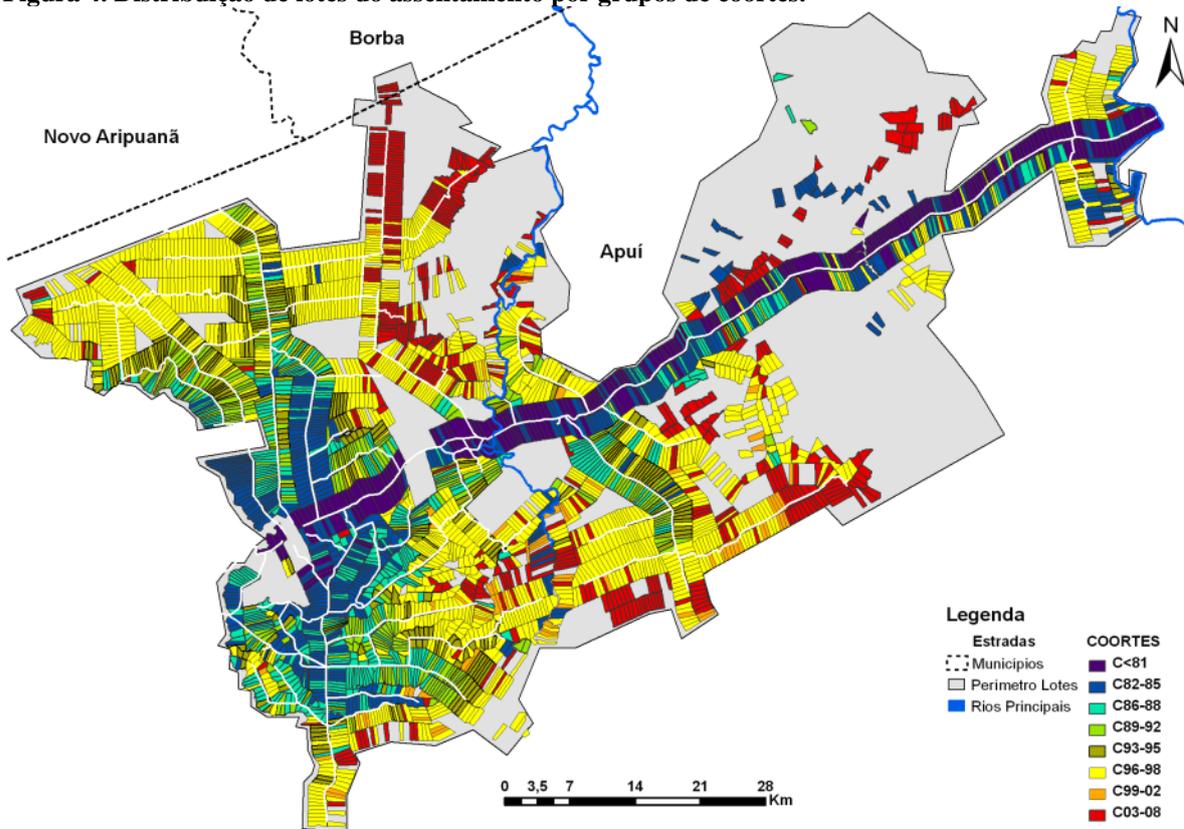
Lotes do P.A. Rio Juma

A camada de informação referente ao PARJ foi obtida de um arquivo vetorial de poli-linhas digitalizado a partir de um mapa cartográfico do INCRA dos marcos dos lotes em escala 1:100.000. Foi necessária tanto a correção dos vetores para a criação de polígonos representando cada lote com o seu posterior georreferenciamento (correção geométrica) utilizando um conjunto de pontos georreferenciados obtidos em campo, utilizando um GPS, dos marcos dos lotes fixados pelo INCRA. Dessa maneira foi possível ajustar espacialmente (co-registrar) a grade de lotes enquadrando-a nos limites geográficos visualizados nas imagens, assim obtendo a localização mais próxima o possível das propriedades no campo. A cada lote foi atribuída uma identificação única, que pode posteriormente ser agregada ao número do lote nos registros do INCRA para possibilitar uma análise que inclua dados secundários, como por exemplo, de linhas de crédito e produção agropecuária do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário do Amazonas (IDAM).

Desmatamento nos lotes e definição de Coortes

No programa de SIG ArcInfo 9.2, uma camada (layer) de desmatamento foi estabelecida com separação por classes referentes a cada período de transição sobrepondo a camada da grade de lotes do PARJ. Foi utilizada uma operação de intersecção de mapas ('intersect') para gerar em cada lote os polígonos de desmatamento referentes a cada período de transição. Para cada período foi atribuído o valor zero para lotes em que não houve desmatamento. Esses dados foram exportados em arquivo de banco de dados e manipulados no programa Excel 2007. A evolução da ocupação do PARJ até 2008 foi representada pela evolução da ocupação dos lotes agrupados em coortes dos mesmos períodos das camadas de dados referentes ao desmatamento (Fig. 4).

Figura 4. Distribuição de lotes do assentamento por grupos de coortes.



Para definir as coortes foi utilizado o valor de no mínimo dois hectares acumulados de área desmatada para o lote pertencer à coorte do período entre uma imagem e sua subsequente. Esse critério indica que o lote começou a ser ocupado, e foi fundamentado no tamanho da derrubada que famílias recém-chegadas executam em um ano contando apenas com mão-de-obra familiar para estabelecer a moradia e uma cultura de espécies anuais (e.g., Moran 1981, Vosti et al. 2002). Assim, o intervalo mínimo de três anos entre as imagens sugere que se essa família abandonou o lote no primeiro ano, talvez não tendo atingido os 2 ha e portanto, não entra na coorte daquele período.

Taxas de desmatamento nas coortes

A área desmatada no lote nas coortes referentes a cada período foi transformada em proporção da área total do lote e anualizada, dividindo-se o desmatamento do período pelo número de anos. Foram geradas oito coortes baseadas nesse critério, definidas como *C<81*; *C82-85*; *C86-88*; *C89-92*; *C93-95*; *C96-98*; *C99-02* e *C02-08*, e uma coorte adicional dos lotes que tiveram desmatamento, porém não atingiram dois hectares, denominada *Novos*. Assim, as taxas de desmatamento anualizadas podem ser apresentadas em um gráfico para se obter a trajetória do desmatamento das coortes. Foi utilizada a análise de variância para verificar o efeito da proporção do desmatamento acumulado dos lotes em relação ao tempo de permanência, aplicado apenas nas coortes *C82-85*; *C86-88*; *C89-92* e *C93-95*. A *C<81* foi descartada, já que o desmatamento total referente ao seu primeiro período pode ter ocorrido em qualquer momento entre o intervalo do final da abertura da Rodovia Transamazônica em 1974 e a data da imagem de 1981. As sete classes de tempo de permanência são: *01a04* (n=1534); *04a07* (n=1534); *08a11* (n=1534); *11a14* (n=1534); *15a18* (n=1223); *19a22* (n=932); e *23a27* anos (n=501), e foram verificadas com o teste de *TukeyHSD* para diferenças significantes entre as médias. Aplicado a cada par de comparações (total de 21) a hipótese

nula foi rejeitada (as médias são diferentes) quando o valor q era maior que o q “crítico” para as sete médias comparadas (Zar 1974). O teste de *TukeyHSD* também foi aplicado para as médias dentro de cada uma das coortes. As análises foram realizadas no programa estatístico Systat v.11 (Systat 11[©] 2004), utilizando valores da raiz quadrada do desmatamento acumulado e as classes de tempo de permanência descritas acima, ou os períodos de tempo de permanência referente a cada coorte que foi analisada separadamente.

Auto-correlação espacial

Para descrever e verificar se existe correlação na estrutura espacial dos dados de desmatamento entre os lotes, foi construída uma matriz de valores de proporção desmatada de cada lote em relação a cada um dos outros lotes, considerando a distância (em metros) entre eles, obtida do ponto centróide representando o polígono de cada lote. A matriz de pares de distâncias é composta por cerca de 7 milhões de comparações, e os valores foram agrupados em 22 classes de distância com cerca de 316.000 pares cada, sendo representadas pela distância do centróide das distâncias dos pares da classe. O programa SAM v.3 (Rangel et al. 2006) foi utilizado para estimar o coeficiente de auto-correlação “ I ” de Moran, considerado estatisticamente robusto para descrever a estrutura espacial dos dados (Tiefelsdorf 2000).

Dados das unidades domésticas

Os dados das unidades familiares responsáveis ou administradores dos lotes em 2008 foram obtidos através de questionários semi-estruturados e entrevistas informais entre 18 de setembro a 14 de outubro de 2007 e entre 16 de agosto e 6 de outubro de 2008, totalizando 78 dias de coleta. Foram também entrevistados representantes do INCRA, do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário do Amazonas (IDAM), da prefeitura de Apuí e da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Amazonas (SDS-AM), além de dois donos de serrarias e representantes de associações de produtores. Essas entrevistas tiveram como objetivo subsidiar qualitativamente a interpretação e discussão dos resultados, sendo que dados quantitativos dessas são apresentados com mais detalhe em Carrero e Fearnside (no capítulo I desta dissertação). As informações coletadas possibilitam uma análise sobre posse, evolução e mudança do uso da terra nos lotes acumulados, infraestrutura consolidada, tipo de produção e tamanho do rebanho bovino, bens acumulados, renda e mão-de-obra das unidades familiares. Elas permitem a identificação de acontecimentos que contribuíram para modificar as taxas de desmatamento e compõem a história de ocupação do assentamento.

RESULTADOS

O desmatamento acumulado total na área do perímetro de lotes foi 114.785 ha ou 24,7%, e inclui também áreas de terras remanescentes, de estradas, fazendas tituladas e a zona urbana de Apuí. O desmatamento acumulado somente nos lotes até 2008 somou 103.260 ha (Fig. 5a) ou 34.1% dessa área. A trajetória de acúmulo iniciou com o desmatamento acumulado até 1981 de 3.921 ha, ou menos de 1%, antes da criação do PARJ. Nos três períodos seguintes as áreas desmatadas apresentam uma média de 6.678 ha, aumentando para 9.268 ha em 1995 e triplicando até 1998, com mais 27.855 ha. No período referente à imagem de 2002, houve uma queda para 10.363 ha, e no período seguinte houve novamente uma escalada para 43.344 ha. O desmatamento acumulado nos lotes representa 90,2% do desmatamento total do

perímetro. A área desmatada no período dividido pelo seu número de anos representa a taxa de desmatamento anual média do período (Fig. 5b). A média anual apresentou-se alta nos períodos de 1995 a 1998 e de 2003 a 2008, com 9.284 e 7.224 ha, respectivamente.

A Tabela 2 mostra a distribuição dos lotes nos grupos de coortes. Pouco mais de 44 % dos lotes foi ocupado até 1995, enquanto até 1998 aproximadamente 79% dos lotes já tinham sido ocupados. A coorte C95-98 foi dominante no P.A. Rio Juma, representando um incremento de 34,2% na ocupação dos lotes em apenas três anos. A coorte C99-02 indica uma queda brusca na taxa de ocupação, com 2%, e aumentou no período subsequente para 12,1%. A coorte *Novos* representou 7,2% indica que a ocupação de lotes é um processo que continua em marcha.

Figura 5. Desmatamento acumulado nos lotes por ano e taxa de desmatamento anualizada por período.

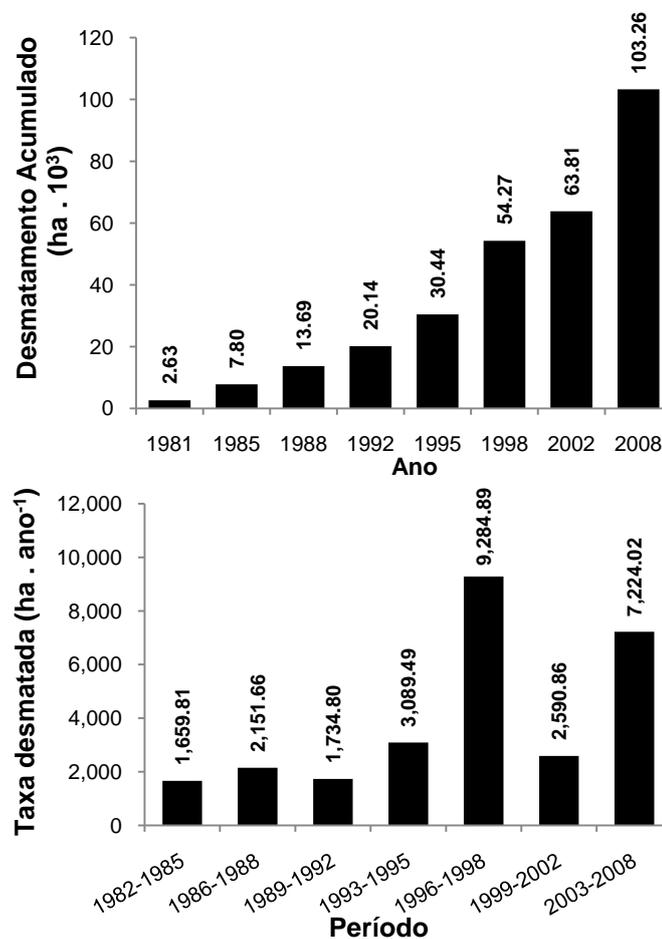


Tabela 2. Distribuição de lotes do assentamento em grupos de coortes e área ocupada nos períodos.

Coorte^a	Número de Lotes	Área Total (ha)	Área por coorte (%)	Área Acumulada (%)
<i>C<81</i>	255	25.505,79	6,3	6,3
<i>C82-85</i>	501	36.474,67	12,5	18,8
<i>C86-88</i>	431	29.175,38	10,7	29,5
<i>C89-92</i>	291	20.258,49	7,2	36,7
<i>C93-95</i>	311	22.727,94	7,7	44,5
<i>C96-98</i>	1.377	104.963,86	34,2	78,7
<i>C99-02</i>	80	5.803,93	2,0	80,7
<i>C03-08</i>	487	35.578,27	12,1	92,8
<i>C Novos</i>	290	23.304,57	7,2	100
TOTAL	4.023	303.792,89	100	

^aDefinição das coortes segundo a área desmatada entre cada período (em anos) referente à imagem são:

C<81 = lotes com desmatamento acumulado > 2 hectares antes de 1981,

C82-85 = lotes com desmatamento acumulado > 2 hectares entre 1982 e 1985,

C86-88 = lotes com desmatamento acumulado > 2 hectares entre 1986 e 1988,

C89-92 = lotes com desmatamento acumulado > 2 hectares entre 1989 e 1992,

C93-95 = lotes com desmatamento acumulado > 2 hectares entre 1993 e 1995,

C96-98 = lotes com desmatamento acumulado > 2 hectares entre 1996 e 1998,

C99-02 = lotes com desmatamento acumulado > 2 hectares entre 1999 e 2002,

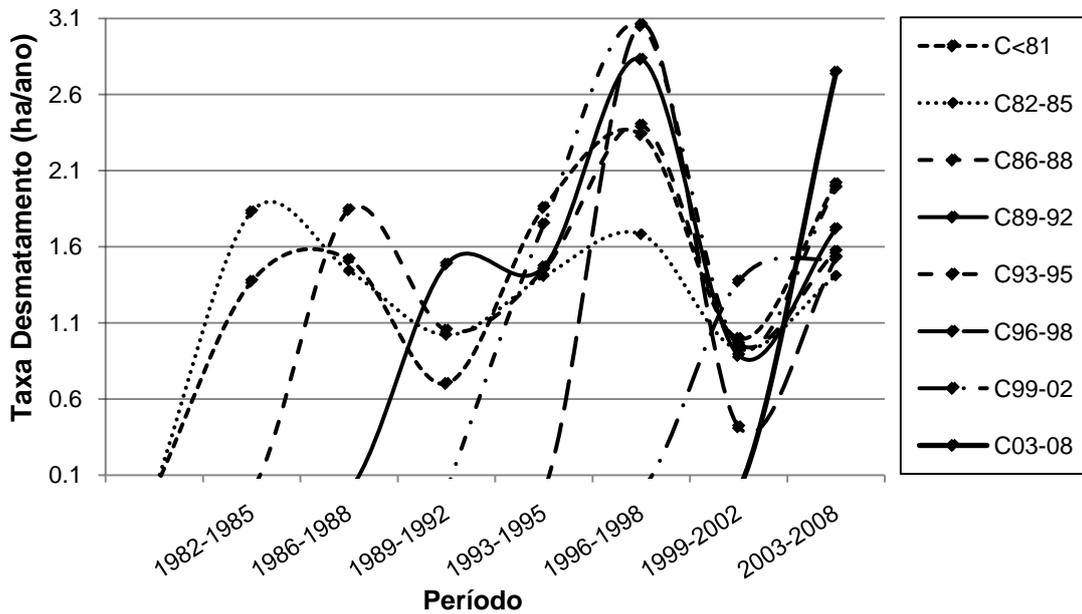
C02-08 = lotes com desmatamento acumulado > 2 hectares entre 2003 e 2008,

C Novos = lotes com desmatamento acumulado < 2 hectares, baseados nos dados de 2008.

A separação dos dados em coortes permite visualizar a proporção dos efeitos de período refletindo as taxas de desmatamento de acordo com a evolução da fronteira. Esses efeitos podem afetar diferentemente grupos de famílias com o mesmo tempo de permanência (residência) no lote ou todos os lotes ao mesmo tempo. Considerando o acúmulo de área disponível com o incremento de cada coorte, a proporção desmatada por área disponível tende a baixar quando se adiciona mais área com o incremento de uma nova coorte. Se separarmos por coortes, as médias das áreas desmatadas em cada período revelam a trajetória de ocupação e abertura dos lotes no estabelecimento da unidade familiar na fronteira de expansão. A Figura 6 apresenta taxas anuais médias de desmatamento (em ha/ano) para cada coorte. A taxa inicial de desmatamento foi semelhante nas coortes *C<81*, *C82-85*, *C86-88*, *C89-92*, *C93-95* e *C99-02*, variando entre 1,37 e 1,8 ha/ano.

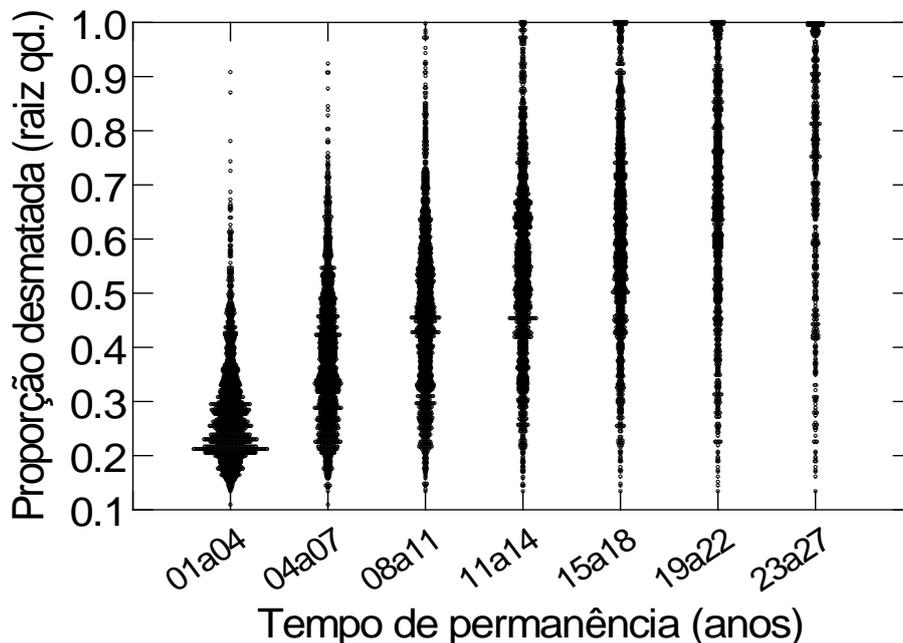
Já as coortes *C96-98* e *C03-08* tiveram taxas significativamente maiores, 3,1 e 2,8 ha.ano⁻¹, respectivamente. Para o período de três anos entre 1996 e 1998, com exceção da coorte *C82-85*, todas as coortes tiveram uma taxa anual maior que 2 hectares, evidenciando um provável efeito no período que aumentou as taxas de desmatamento de todos os lotes. Para o período correspondente a 2002, todas as coortes tiveram taxas médias de desmatamento menores do que 1,1 ha.ano⁻¹, exceto *C99-02* que apresentou taxa de 1.4 ha.ano⁻¹ referente ao desmatamento inicial dos lotes. As taxas anuais de desmatamento entre as coortes também apresentam flutuação entre períodos, refletindo as atividades dos proprietários na abertura, expansão e consolidação de suas propriedades.

Figura 6. A trajetória das taxas de desmatamento anual representada pela média (em hectares) dos lotes para as diferentes coortes nas diferentes imagens.



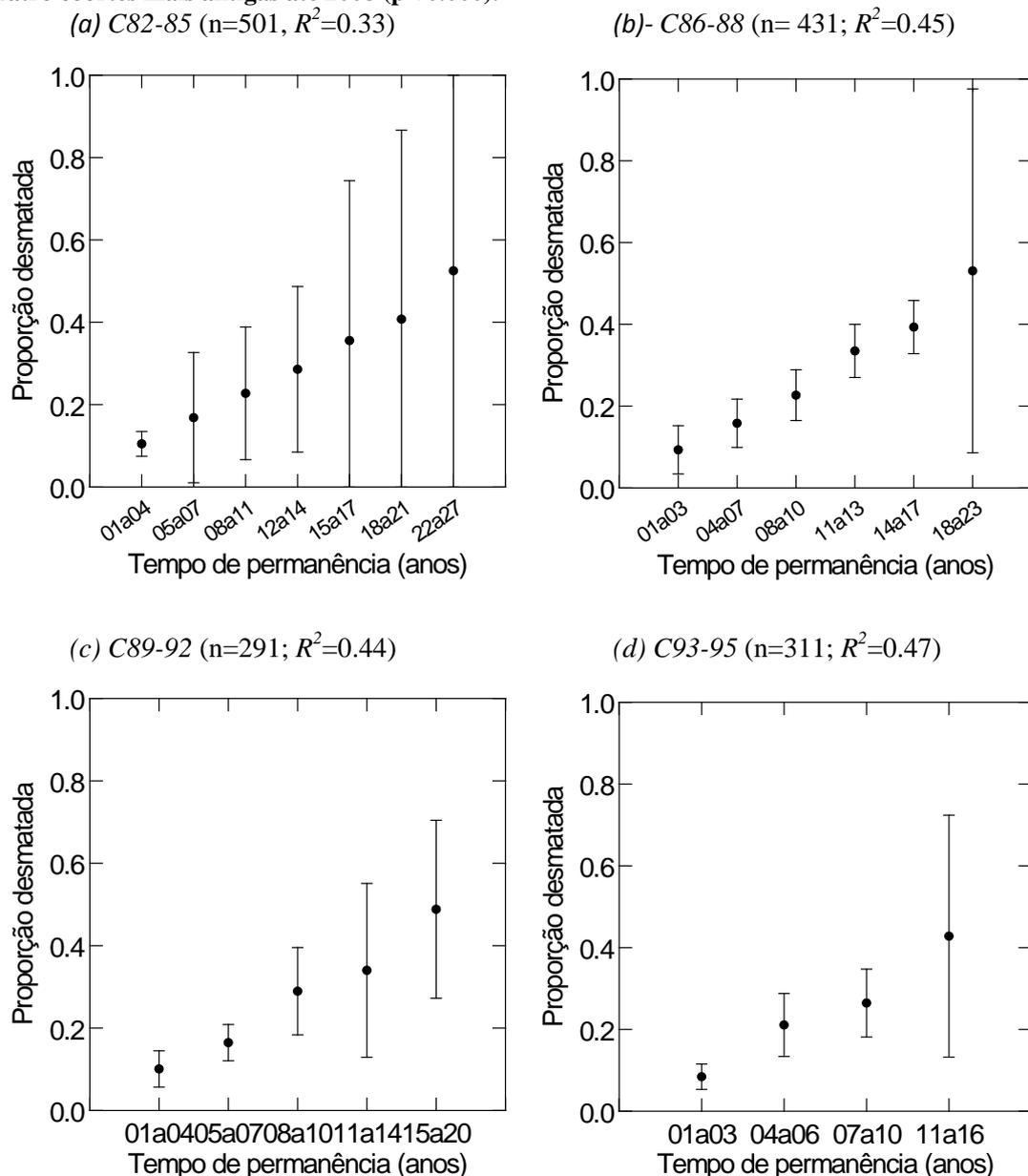
A proporção de desmatamento acumulado do lote em cada período de cada coorte representa o efeito de transformação da paisagem em relação ao tempo de permanência. Não houve diferença significativa entre as médias de desmatamento acumulado nas coortes em lotes de diferentes tamanhos (<100 ha; >100 e <200ha; >200ha) na análise de variância. A Figura 7 apresenta a densidade de pontos representando a proporção desmatada acumulada dos lotes nas coortes C82-85; C86-88; C89-92 e C93-95 agrupadas em sete classes de tempo de permanência. A análise de variância apontou efeito moderado do tempo de permanência sobre o desmatamento acumulado ($R^2 = 0,373$, $p < 0,000$) e todas as médias comparadas foram diferentes entre si quando aplicado o teste de Tukey.

Figura 7. Proporção de área desmatada do lote em relação ao tempo de permanência para os lotes das coortes C82-85, C86-88, C89-92 e C93-94. ($R^2 = 0,373$, $p < 0,000$)



Para controlar os efeitos diferentes de período de desmatamento acumulado nas coortes, foi realizada uma análise de variância separada para as quatro coortes C82-85, C86-88, C89-92 e C93-95 (Fig. 8). Todas as médias comparadas dentro das coortes analisadas foram diferentes para o teste de *Tukey*. O acúmulo da área desmatada na C82-85 iniciou com média de 10,5% e chegou a 52,5% após 27 anos (Fig. 8a). As coortes C86-88, C86-88 e C89-95 apresentaram respectivamente 9,3, 10,1 e 8,4 % de desmatamento acumulado no primeiro período, totalizando 53,1, 48,8 e 43,8% em 2008 respectivos aos tempos de permanência de 23, 20 e 16 anos (Figura 8b,c,d). Lotes de coortes mais novas acumularam desmatamento mais rapidamente que coortes mais antigas. Mesmo após 27 ou 16 anos da primeira derrubada no lote, o desmatamento acumulado continua crescendo.

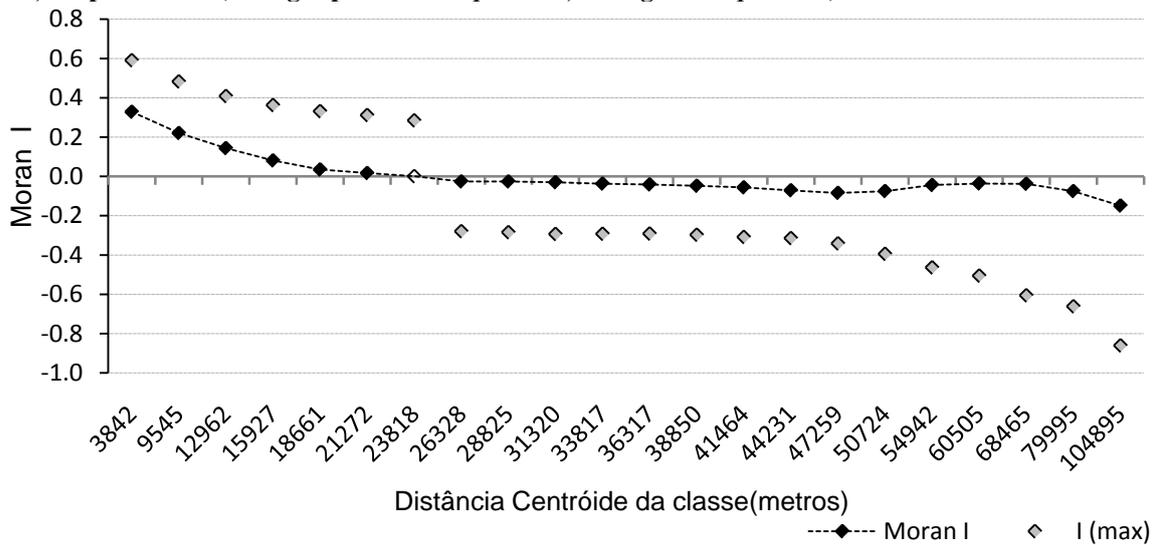
Figura 8. Proporção de desmatamento acumulado dos lotes em relação ao tempo de permanência para as quatro coortes mais antigas até 2008 ($p < 0.000$).



A análise de correlação espacial dos dados de desmatamento apresentou índices “*I*” de Moran de 0,33 e 0,22 para as classes de distância de cerca de 4.000 e 9.500 metros, respectivamente, indicando auto correlação positiva (Fig. 9). À medida que as classes de distância aumentam, o

efeito de correlação positiva tende a zero e a partir de 24.000 metros a correlação passa a ser negativa. Com exceção da classe 7, todas as médias das classes foram significantes testadas com 999 permutações. Entretanto, os valores “I” de Moran representam um fraco efeito de correlação negativa (entre -0,1 e 0,1) sugerindo que os pares de lotes distantes mais de 26.000 metros tendem a diferir mais nas suas médias de desmatamento acumulado.

Figura 9. Índice de correlação “I” de Moran para proporção de desmatamento acumulado em 2008 para todos os lotes com desmatamento (n=4023) no P.A. Rio Juma, divididos em 22 classes de distâncias com 316,000 pares cada (losangos preenchidos $p<0.001$; losango vazio $p=0.997$).



DISCUSSÃO

Desmatamento do PARJ

A evolução do desmatamento acumulado nos projetos de assentamento reflete o desmatamento acumulado dos lotes ocupados, assim como o incremento do desmatamento de lotes recém-ocupados. No Estado do Amazonas, o desmatamento acumulado nas glebas destinadas aos P.A.s foi calculado em 8% até 2004 e no PARJ a porcentagem desmatada até esse ano foi abaixo de 20% (Brandão e Souza Jr. 2006). No PARJ essa porcentagem se refere à área de 690.000 ha da gleba Juma, e não aos aproximadamente 465 000 ha correspondentes ao perímetro da área destinada aos lotes (Fig. 1). Considerando apenas o perímetro dos lotes, a porcentagem correspondente à área desmatada acumulada em 2008 no PARJ aumenta para cerca de 25%. A taxa estimada para o período 1996-2008, de 1,35% ao ano, está um pouco abaixo da taxa anual média de 1,8% para os P.A.s da Amazônia criados entre 1997 e 2004 (Brandão e Souza Jr. 2006) e indica que o desmatamento no PARJ tem se intensificado na última década.

Ocupação dos lotes

O pico de ocupação dos lotes em C96-98 reflete a forma com que ocorreu a colonização no PARJ. Até final da década de 1980, a família recém-chegada ficava acampada na sede da cidade esperando o exército abrir as estradas vicinais. Essas famílias recebiam o auxílio financeiro do INCRA que durava 6 meses. Muitas delas, depois de passado esse período,

mesmo inscritas, deixavam a região e o lote destinado permanecia desocupado. Contudo, a partir da década de 1990, a ocupação de lotes era realizada diretamente quando ainda existia apenas uma trilha ou “picada”, e só depois de 2 a 4 anos as estradas vicinais eram abertas. Esse fator foi culminante na decisão de *colonos* abandonarem seus lotes em grande parte dos casos pela dificuldade de transporte, educação e assistência médica. Os surtos de malária intensos entre os anos de 1996 e 1999 foram reportados como determinantes para o grande abandono em lotes recém ocupados da coorte C96-98 em vários setores do PARJ. Geralmente as porções mais distantes do início da vicinal ainda possuem acesso apenas por picadas, com seus lotes variando grandemente tanto a qual coorte pertencem como também em proporção de desmatamento. As observações de campo nos 7.000 km rodados no PARJ comprovaram que grupos de lotes formam pequenas fazendas. Elas pertencem a migrantes recém chegados que ocuparam recentemente lotes com 100% de cobertura florestal ou a *colonos* originais que adquiriram lotes adjacentes por preços simbólicos quando seus vizinhos desistiram e se mudaram. Essa re-ocupação é evidenciada pela taxa de 81,4% de evasão dos assentados originais reportada para o PARJ (Brasil, INCRA 2006), embora muitos inscritos nem sequer chegaram a ocupar os lotes. Dados de re-ocupação de lotes em assentamentos em Porto Acre (Acre), Santarém e Altamira (Pará) apresentam média de cerca de 72% de lotes com mais de um dono (Ludewigs et al. 2009). Para o PARJ, os dados do INCRA não contabilizam as constantes trocas de lotes das unidades familiares. Os motivos mais citados de trocar de lotes, além das limitações de transporte e falta de acesso à educação e saúde, englobaram também fatores biofísicos como fertilidade do solo, abundância de água e proximidade do centro do Apuí. Ambos os processos de ocupação descritos acima corroboram as expectativas ou constatações de alguns autores sobre a função que novos migrantes mais capitalizados representam na intensidade do desmatamento e mudança do uso da terra (Moran 1977, Fearnside 1980, 1984, Mahar 1989, Walker et al. 2000).

Efeitos de idade e de período

A dinâmica de ocupação e de diferenças de origem e capital inicial de famílias migrantes (Moran 1981) evidencia melhor os padrões dissimilares entre as estratégias e opções de uso da terra entre elas. No entanto, variáveis biofísicas como fertilidade dos solos ou distância a mercados e indicadores macroeconômicos parecem apresentar-se mais úteis para visualizar efeitos de período influenciando taxas de desmatamento na paisagem regional, aqui representada pela divisão da área de estudo em coortes de lotes de assentamentos. Esses efeitos indicam relação tanto com o tempo de permanência (idade) de unidades familiares ocupando o lote quanto com um determinado acontecimento que afeta a resposta de todas simultaneamente (McCracken et al. 2002). Embora as características temporais dos dados não permitam análises estatísticas suficientemente robustas para separar a contribuição desses efeitos sobre as taxas de desmatamento na Amazônia (Ewers et al. 2008), pode-se comparar os efeitos da economia, das políticas e do ambiente durante os períodos agrupando-se os tempos de permanência dos lotes em classes de idade. Fearnside (2005) relata os efeitos das mudanças no contexto econômico sobre as taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira, enquanto que Brondízio et al. (2002) verificaram que coortes de lotes em assentamentos nos municípios de Altamira, Brasil Novo e Medicilândia no Pará também respondem à esses efeitos.

A recessão econômica entre 1985 e 1991, com altas taxas de inflação e redução de investimentos em infraestrutura, oferece uma explicação potencial para as baixas taxas de desmatamento no PARJ nesse período. Contudo, esse período foi quando a região de fato começava a ser colonizada. Os migrantes recém-chegados, na maioria do sul e sudeste do

Brasil, eram famílias jovens com filhos pequenos e tinham a expectativa de ter sua própria terra e prosperar com trabalho, mas nenhum dinheiro para investir. O desmatamento nesse período pode ser bem embasado com fundamentação teórica da importância do ciclo de vida das unidades familiares, proposto por A.V. Chayanov no início do século XIX e desenvolvido por J. Goody (Goody 1958), que foi adaptado ao contexto amazônico (ver Perz 2001, Perz et al. 2006). A evolução do desmatamento e das estratégias dos proprietários em relação ao uso da terra se diversifica quando se inclui migração e assentamentos, se adiciona créditos rurais e mercados consumidores, a possibilidade de contratar mão-de-obra e aumentar a produção. Um modelo conceitual para as respostas desses migrantes se inicia com um ciclo de uso da terra que passa de culturas anuais no primeiro momento para o estabelecimento de culturas perenes e pastagens (*e. g.*, Walker e Homma 1996, McCracken et al. 2002, Walker et al. 2002, Walker 2003). A combinação de ambos os fatores (recessão econômica e início da colonização) parece ser suficiente para explicar a área desmatada verificada no período de 1981 a 1991.

O pico nas taxas de desmatamento nos lotes ocorreu de junho de 1995 até setembro de 1998 e evidencia uma resposta atrasada às medidas implantadas com o plano econômico do Real em 1994. Quando comparadas ao pico das taxas para a Amazônia Brasileira, que ocorreram entre agosto de 1994 e agosto de 1995 (Brasil, INPE 2009), a resposta atrasada em pelo menos um ano parece pertinente, e sugere que a maior distância do PARJ em relação a grandes centros consumidores produz defasagem quando se trata de causas macro-econômicas atuando em fronteiras que compartilham tal característica. Também, o período mais longo de estação seca induzido pelo fenômeno *El Niño* nos anos de 1997 e 1998 na Amazônia (Nepstad et al. 1999) pode ter contribuído para aumentar a temporada de condições ótimas para executar a queimada após a derrubada da floresta. Esses dois efeitos parecem ter contribuído para gerar as altas taxas de desmatamento verificadas no período, já que o aumento delas ocorrendo em todas as coortes não pode estar relacionado com fatores que afetam apenas uma coorte em específico, como por exemplo, os lotes recém-ocupados de C96-98.

No período entre 1999 e 2002, a taxa de desmatamento na Amazônia Brasileira voltou a subir, e esteve associada principalmente ao aquecimento do mercado internacional de commodities como a soja e a carne bovina (Alencar et al. 2004, Kaimowitz et al. 2004) e o aumento crescente do dólar entre 1998 e 2003 (Nepstad et al. 2006). No entanto, a contribuição maior do desmatamento veio principalmente dos estados de Rondônia e Mato Grosso em grandes propriedades de fazendeiros capitalizados orientados para a exportação (Fearnside 2005). Também houve eleições presidenciais e de governo estadual em 2002, evento geralmente associado à liberação maior de créditos agrícolas e afrouxamento de restrições ambientais. Em Apuí, embora o crédito rural de 2002 tenha sido cerca de duas vezes mais que o resto dos anos entre 2000 e 2006 (Amazonas, IDAM com. pess.), o efeito desses créditos não pode estar associado ao desmatamento de 1999-2002. Um fato concreto é que o Apuí não produz para o mercado nacional ou internacional, com praticamente toda a carne bovina que sai do município abastece o mercado de Manaus (Razera 2005, Barreto et al. 2008). Também evidências nos padrões de mudança e uso da terra no Apuí parecem ser consistentes com as baixas taxas de desmatamento desse período, que foi marcado pelo início da chegada de migrantes capitalizados e a concentração de lotes para formar fazendas para a pecuária extensiva. No capítulo I desta dissertação, foi demonstrado que existe um efeito de redução temporária no desmatamento em lotes do PARJ vendidos para esses recém chegados, com a mão-de-obra sendo alocada para a limpeza de áreas com vegetação secundária e pastagens “suja” (com intensa regeneração de pioneiras). Esse processo local é corroborado pela alta taxa de corte de vegetação secundária no período 1998-1999 na região de Apuí (Nascimento e Graça 2009). Os motivos apresentados, de alguma forma, contribuíram para que as taxas

anuais desmatadas entre 1999-2002 fossem similares as do período 1981-1995, mesmo com a região estar passando por mudanças na estrutura social e produtiva. Contudo, não se pode assegurar que esses foram os únicos fatores sem dados mais detalhados sobre os eventos que influenciaram as respostas dos agentes proximais do desmatamento.

No período 2003-2008 as médias desmatadas para as coortes foram altas também, e refletem em parte o pico do desmatamento verificado para a Amazônia Legal em 2004, que no Amazonas ocorreu em 2003. Em Apuí, essa taxa indica a presença mais intensa de fazendeiros capitalizados vindos de outras fronteiras do que a tendência do bioma em aumentar a exportação de soja e carne de gado. Esse fato é corroborado também pelas altas taxas de corte da vegetação secundária entre 2002-2003 e 2004-2005 (Nascimento e Graça 2009). A partir de 2003 em diante, o crédito para a aquisição de matrizes bovinas se intensificou, apresentando média de 700 cabeças por ano entre 2003-2008 (Amazonas, IDAM com. pess.), além dos financiamentos para infraestrutura pecuária através da agência de fomento do Estado também aumentarem. A demanda do mercado de Manaus e as políticas estaduais de crédito e fomento pecuário em Apuí, juntamente com a chegada de famílias com capital de investimento, indicam forte contribuição para o aumento das taxas de desmatamento nesse período, independente da produtividade das pastagens. Dentre essas famílias, cabe ressaltar os migrantes brasileiros que viviam no Paraguai (“brasiguaios”), fato que acarretou em forte alta no valor da terra nesse período (Brasil Social 2009). Também lotes com floresta intacta, na borda da floresta em áreas mais distantes do centro, foram ocupados por esses recém-chegados com capital de investimento.

Para efeitos de idade ou tempo de permanência dos lotes sobre as taxas de desmatamento, a resposta foi similar em três das quatro coortes analisadas (Fig. 6). Apenas C82-85 apresentou a maior variação nas médias sendo a única que não teve sua maior taxa anualizada de desmatamento no período entre 1996 e 1998. O efeito diferenciado em C82-85 (similar a $C < 81$, não mostrado) parece estar associado à composição dessa coorte ser dividida em grupos de lotes em regiões com ocupação por atores diferentes e com características de fertilidade do solo também diferentes. Essa coorte é representada por uma parcela grande de lotes que margeiam os rios Juma e Sucunduri (limites oeste e leste do PARJ, respectivamente) e o rio Acari cruzando a região central do assentamento. Nessas áreas próximas aos rios afloramentos de arenitos e siltitos são mais comuns e os baixos teores de cálcio, magnésio e fósforo apresentados nas rochas são quase que totalmente perdidos quando se analisa as amostras de solo (Reis 2006). A C82-85 também apresenta uma maior proporção relativa de lotes na região de solos que foram reportados serem muito arenosos e com grande quantidade de pedras quartzosas, abrangendo o rio Acari e principalmente a região do rio Camaiú distante cerca de 70 km a leste da sede urbana. Nessas áreas foi verificada a presença de poucas famílias residentes além de muitos lotes abandonados. Essas evidências indicam que as taxas de desmatamento mais baixas de C82-85 entre 1996 e 1998 refletem sua composição diferenciada, associadas às limitações produtivas do acesso por água, à agricultura de subsistência e ao maior abandono dos lotes com solos de baixa fertilidade. Contudo, não se pode analisá-las com mais detalhes sem a ajuda de um mapa de distribuição de solos compatível com a escala de análise do desmatamento.

Acúmulo do desmatamento nos lotes e a pecuária

A curva de acúmulo da área desmatada nos lotes no PARJ não estabilizou entre 3 e 9 anos após a ocupação, conforme dados de propriedades em assentamentos de outras fronteiras na

Amazônia (Fearnside 1984, Homma et al. 1993, Vosti et al. 1998, Walker 2003). Devido a troca constante de donos verificadas nos lotes do PARJ, não houve correlação entre o tempo de permanência e o desmatamento acumulado nos lotes. Assim, o acúmulo de desmatamento nos lotes do PARJ não reflete o efeito de uma família apenas, mas a utilização desses lotes por famílias que o compraram, investiram e venderam a outros, e assim consecutivamente. Essa mudança de donos sugere que o desmatamento no lote tenderia a aumentar continuamente a cada novo proprietário (com capital disponível) ocupando o lote. Contudo, outros fatores parecem ser relevantes para explicar esse aumento contínuo do desmatamento nos lotes do PARJ, e estão associados à atividade pecuária.

A auto-correlação espacial verificada apresentou efeito forte apenas em pares de lotes distantes até 9.000 metros. Parte dessa correlação pode ser explicada pela dinâmica de ocupação do P.A. Rio Juma, com coortes geralmente agrupadas em determinados setores ou áreas de acordo com a distância da sede urbana. A formação das coortes indica a abertura inicial e o tempo de permanência dos lotes, ou seja, o tempo em que o lote está sendo desmatado. Contudo, quanto maior o tempo de ocupação dos lotes maior a variação da proporção desmatada. A correlação positiva evidencia o padrão de acúmulo de lotes, sendo esperado que a mudança da cobertura vegetal seja parecida em lotes adjacentes sob posse da mesma unidade familiar. O valor de venda do lote apresentou correlação negativa com a distância do centro de Apuí, indicando que lotes mais próximos são comprados geralmente por unidades familiares com maior capital inicial e conseqüentemente maior potencial de derrubada. Essa tendência pode explicar parte da auto-correlação espacial verificada. Para o PARJ, a estrutura espacial dos dados de desmatamento é resultado dos padrões e processos da população produzindo-o. Portanto, a estrutura espacial representa uma característica do próprio fenômeno do estudo e não deve ser removida para qualquer tipo de análise de testes de hipóteses estatísticas. A movimentação temporária em tempo e espaço de alguns integrantes das unidades familiares provavelmente contribui para aumentar a variação das áreas desmatadas nos lotes. A esposa e crianças ou adolescentes geralmente se movimentam para cidades em busca de educação e saúde, e o homem se movimenta predominantemente para fornecer mão-de-obra para obras de infraestrutura, atividades agrícolas pontuais, obras de infraestrutura governamentais ou particulares, empreitas para derrubada (Sawyer 2001) ou para extrair ouro nos garimpos (MacMillan 1995), que em Apuí foi intenso em 2007 e 2008 com o garimpo no rio Juma. Não podemos deixar de considerar o efeito de injeção de dinheiro por esses atores na economia de serviços e da pecuária locais.

Em Apuí, a distância dos centros consumidores limita fortemente o desenvolvimento de atividades agrícolas voltadas ao mercado (Razera 2005). Mesmo com cerca de 90% das áreas de uso no Apuí sendo alocadas para pastagens, as taxas de desmatamento iniciais tenderam a ser menores que em regiões de fronteiras com menor pluviosidade como a região centro-leste do Pará, o Mato Grosso e a maioria do estado de Rondônia (Chomitz e Thomas 2001). A taxa de abandono nessas regiões úmidas (acima de 2.200mm anuais sem um mês seco) é maior, sendo estimada em 21% no geral (Schneider et al. 2000) e em 22% para o Apuí (Nascimento e Graça 2009). A rápida perda de produtividade das pastagens em solos pobres, tal como o latossolo vermelho-amarelo distrófico (Toledo e Serrão 1982, Hecht 1985) associada à pouca fiscalização ambiental (Razera 2005) parece indicar padrões nas estratégias e ações das unidades familiares na derrubada da floresta em Apuí. Essa evidência é corroborada pelo tamanho dos polígonos de desmatamento em Apuí, com cerca de 75% deles estando entre 0 e 25 hectares (IPAM, 2009). Também o arrendamento de pastagens e gado e a mão-de-obra que pequenos proprietários fornecem a grandes proprietários parecem assegurar renda para os primeiros investirem na abertura e consolidação de suas áreas.

O baixo preço pago pela arroba entre 2000 e 2007, como indicado por muitos entrevistados, contribui para o aumento do desmatamento, ao invés de inibi-lo, já que se precisa de um número maior de cabeças para obter o mesmo valor quando o preço da arroba é mais alto. Também, as altas multas aplicadas pelo IBAMA aos desmatamentos ilegais de proprietários de Apuí não modificaram em nada o comportamento desses atores, conforme relatado nas entrevistas, visto que elas são impagáveis considerando o poder monetário do proprietário e o baixo valor da propriedade. A tendência migratória da atividade de extração madeireira com serrarias adentrando na Amazônia Central (Schneider et al. 2000; Lentini et al. 2005) parece cada vez mais contribuir para o desmatamento em Apuí. Foi relatado nas 83 entrevistas dessa pesquisa que 11% venderam madeira de seus lotes, dos quais 90% o fizeram nos últimos 6 anos. A troca de serviços pela madeira extraída no lote aconteceu em algumas ocasiões com a abertura de carreadores em lotes ainda em picadas. Razera (2005) fornece informações sobre a abertura das estradas e carreadores por madeireiros em Apuí.

A rentabilidade da pecuária em Apuí foi estimada de acordo com vários cenários com e sem a venda da madeira por Razera (2005). O autor evidencia um aumento no ganho com a venda da madeira, mas a taxa interna de retorno se torna atrativa (acima de 5%) somente quando se considera um aumento de 20% ao ano na valorização do preço da terra. Embora as médias de desmatamento acumulado nas coortes tendem apresentar desvio padrões crescentes com maior o tempo de permanência, elas continuaram a subir mesmo após 27 anos. Isso indica que a maioria dos lotes desmatados (com média de 71 hectares) não cumprem com os limites de Reserva Legal e em muitos casos o desmatamento atinge 100% da propriedade. De fato, a pecuária na região se torna inviável se fosse para cumprir as exigências do código florestal de manter 80% da propriedade em cobertura florestal original (Cenamo e Carrero, no prelo A). A exploração das variáveis influenciando o desmatamento nos lotes do PARJ indicou que existe uma tendência de a área total das propriedades da unidade familiar não depender exclusivamente da rentabilidade da pecuária em seus lotes, mas sim das oportunidades de obtenção de renda para investimentos que movem a especulação de terras. As áreas podem ser vendidas a recém-chegados resultando em uma retroalimentação positiva de especulação de terras e desmatamento para a expansão de pastagens. Também, muitos atores que obtém renda de outras fontes parecem investir na expansão e consolidação pecuária no Apuí com a expectativa de valorização da propriedade. Esses atores parecem não serem limitados pela pouca rentabilidade da pecuária devido a limitações de transporte e maior precipitação relativa do município em comparação a outras fronteiras da pecuária no Pará, Acre e Rondônia.

A alta taxa de migração líquida e de crescimento de empregos com carteira assinada entre 1995-2000 destacou Apuí como um dos dois únicos municípios dentre os 80 municípios com maiores taxas analisados (Matos 2007). Além de uma maior arrecadação do município, aumentam também os empregos públicos. As licitações e repasses financeiros do governo federal por meio de convênios indicam que existem inconsistências no balanço financeiro com parte da verba não tendo provas de que foi aplicada devidamente ou que favoreceu pessoas indevidamente (Brasil, CGU 2003). Becker (2005, p.73) ressalta a importância da conectividade regional das telecomunicações, pois “permite articulações locais/nacionais, bem como locais/globais”. Essas articulações podem produzir efeitos para a conservação ou para a destruição dos recursos naturais e estão diretamente ligadas às causas proximais atribuídas aos atores em cada região de fronteira.

Por exemplo, recursos direcionados a melhorias no aeroporto de Apuí pelo Programa Federal de Auxílio a Aeroportos indicam que cerca de 230 mil reais a mais do valor reportado gasto na obra foram repassados (Brasil, TCU 2001), sendo o dono do aeroporto de Apuí um ex-prefeito que também é proprietário de uma grande fazenda na margem esquerda do rio Juma. Em outra situação, um ex-procurador do Ministério Público Estadual (MPE) e mais quatro pessoas (incluindo uma escritã do cartório e o promotor do município de Apuí) foram denunciados pelo desvio de 900 mil reais com o superfaturamento da compra de uma casa em Apuí (Portal Amazônia 2008). Quando o ex-procurador mandou o promotor municipal desfazer o negócio, esse declarou que não poderia, pois “precisou de dinheiro para comprar gado para sua propriedade particular”(O Curumim 2007). Os esquemas de grilagem e lavagem de dinheiro também estão fortemente presentes em Apuí. Esse mesmo ex-procurador do MPE é suspeito de tramar o assassinato de um colega, de sonegação fiscal e lavagem de dinheiro (Agência do Estado 2007). Uma das maiores empresas na região do PARJ ocupa ilegalmente cerca de 5.500 ha de áreas da união (Jornal de Brasília 2005). Essa mesma empresa é conhecida por todos no município como sendo de propriedade de um empresário de uma rede de casas de bingos, e também pode estar sendo utilizada para lavagem de dinheiro. A atividade do garimpo do Eldorado do Juma (distante 65 km do centro de Apuí), desde 2007 até hoje, também parece ter contribuído para injetar dinheiro na pecuária. A busca do ouro foi realizada por médicos, camponeses, fazendeiros comerciantes, pastores e políticos de Apuí (Clarín 2007). Além do ouro em si, o garimpo também promove o mercado local aumentando a oferta de serviços e a circulação de dinheiro (The Guardian 2007).

Existem mais perguntas do que respostas que emergem com este estudo. Será que o avanço do desmatamento e da pecuária em regiões de alta pluviosidade anual depende mais de fontes ilícitas que em outras regiões? Será que o fato de a inflação ter sido menor a partir do Plano Econômico do Real reduz a atratividade da especulação de terras? Será que somente se utilizando recursos externos à rentabilidade da pecuária (capital acumulado em outras atividades como o comércio, empregos públicos, a exploração de madeira ilegal e o garimpo) essa atividade continua avançando em Apuí? Cada situação e momento são diferentes, mas a soma total é suficiente para maximizar o desmatamento na nova fronteira em Apuí.

CONCLUSÃO

O desmatamento no PARJ, localizado mais distante de mercados consumidores e com maior média pluviométrica do que a maioria dos locais de estudos nessa escala sobre a dinâmica do desmatamento na Amazônia, apresentou dinâmicas e picos de desmatamento diferenciados. Contudo, os efeitos de período e de idade dos lotes na proporção desmatada não puderam ser separados devido à grande variação das trajetórias de mudança de uso da cobertura vegetal das unidades familiares que os ocupam. A variância parece estar associada ao período de ocupação e ao capital e geração de renda das unidades familiares. Esses processos refletem as mudanças na economia nacional e na dinâmica de migração e política, podendo também ter associação com características biofísicas dos lotes.

Diferentemente do padrão observado por autores estudando outras fronteiras de desmatamento, o acúmulo de desmatamento nos lotes no PARJ não teve tendência de estabilizar na primeira década. A precipitação média anual relativamente maior em Apuí do que na maior parte do “arco do desmatamento” corrobora padrões de menor desmatamento

inicial observados em escalas regionais. A alta precipitação é um fator desvantajoso para a pecuária, mas não a inviabiliza completamente. A área de reserva legal geralmente não é respeitada e indicou que escolhas do uso da terra para a pecuária extensiva pode ser uma decisão tomada por falta de alternativas economicamente viáveis. O aprofundamento de análises que priorizam a dinâmica do desmatamento comparando diferentes escalas é útil para evidenciar causas frequentemente importantes em escalas regionais que demonstram pouca importância em micro-escalas, e *vice-versa*.

Na escala de análise da paisagem de lotes não foi possível concluir quais os fatores e em que proporção eles contribuem para o avanço da pecuária. Contudo, a presença maior de madeiras, da atividade de garimpos e a especulação de terras indicam que muito do capital investido na pecuária provém de outras fontes que não da rentabilidade dessa atividade, tampouco demonstram sofrer efeitos diretos de indicadores macroeconômicos como o produto interno bruto ou variação da taxa de câmbio. A renda obtida de outras fontes como o comércio, lavagem de dinheiro, grilagem e desvios de verbas públicas são informações difíceis de obter, mas que parecem estar contribuindo para o avanço do desmatamento em Apuí. Por fim, a heterogeneidade das fronteiras de desmatamento, sob efeito de mudanças locais e regionais em sua evolução, indica que padrões e processos são constantemente re-estruturados de acordo com as oportunidades temporais, tendo como resultado a aceleração do desmatamento em Apuí. Esses padrões e processos locais devem ser melhor compreendidos, e têm importante função de direcionar o curso do desmatamento futuro e em que prováveis taxas locais ele ocorrerá. Sem essas informações, modelos espaciais de desmatamento não serão úteis em representar onde o desmatamento futuro vai ocorrer, para assim formular diretrizes adequadas para políticas de desenvolvimento da região.

LITERATURA CITADA

- Agência do Estado.** 2007. *Receita vai investigar gestão de ex-procurador do Amazonas*. 24 de janeiro de 2007, [online] URL: <http://g1.globo.com/Noticias/Politica/0,,AA1432654-5601,00.html>
- Aguiar, A.P.D., G. Câmara, e M. I. S. Escada.** 2007. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. *Ecological Modelling* **209**: 169-188.
- Alencar, A., D. C. Nepstad, D. McGrath, P. Moutinho, P. Pacheco, M. C. V. Diaz, e B. Soares-Filho.** 2004. *Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica*. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Belém, Pará, Brasil.
- Alves, D.S.** 2002. An Analysis of the Geographical Patterns of Deforestation in the Brazilian Amazon in the Period 1991-1996. Pages 95-106 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon*. University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Amazonas, Instituto de Desenvolvimento Agropecuário (IDAM).** 2007. *Plano Operativo Anual Apuí – 2007*.
- Amazonas, Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável- SDS.** 2007. *Zoneamento Ecológico Econômico: diagnóstico do município de Apuí*.
- Amazonas, CODESAV.** 2009. *Relatório interno, maio de 2009*, não publicado. Apuí, Amazonas, Brasil.

- Barbier, E.B., R. Sanchez, R. Thomas, e A. Wagner.** 1997. The Economic determinants of Land degradation in Developing Countries [and Discussion]. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*. **352** (1356): 891-899.
- Barreto, P., R. Pereira, R., e E. Arima.** 2008. A pecuária e o desmatamento na Amazônia na Era das Mudanças Climáticas. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, Pará, Brasil.
- Brandão Jr., A. e C. Souza Jr.** 2006. Desmatamento nos Assentamentos de Reforma Agrária na Amazônia. *O Estado da Amazônia* 7. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, Pará, Brasil.
- Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).** 2006. *Emissões e Remoções de dióxido de carbono da conversão de florestas e abandono de terras cultivadas*. Primeiro Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF, Brasil
- Brasil, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG).** 2009. *Programa de Aceleração do Crescimento-PAC*. [online] URL: <https://www.pac.gov.br/>
- Brasil, Casa Civil.** 2004. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAM*. [online] URL: <http://www.planalto.gov.br/casacivil/desmat.pdf>
- Brasil, Controladoria Geral da União (CGU).** 2003. Relatório Geral de Fiscalização: município de ApuíAM. Controladoria Geral da União no Estado do Amazonas, Manaus, 2003. [online] URL: <http://www.cgu.gov.br/AreaAuditoriaFiscalizacao/ExecucaoProgramasGoverno/Sorteios/Municipios/Sorteio6/RG-AM-Apui.pdf>
- Brasil, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE.** 2009. Programa de monitoramento do desmatamento da Amazônia via satélite – PRODES. [online] URL: <http://www.obt.inpe.gov.br/prodes/>
- Brasil, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).** 2006. Levantamento da distribuição espacial das “ocupações” nos lotes dos Projetos de Assntamento Rio Juma e Acari. Superintendência Regional do Amazons (SR-15), Manaus, Amazonas, Brasil.
- Brasil, Projeto RadamBrasil.** 1978. *Folha no. SB 20 Purus: geologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Brasil, Tribunal de Contas da União (TCU).** 2001. Relatório de Auditoria ao Departamento de Aviação Civil (DAC). Pages 73-89 in Plenário, ATA Nº 48, de 06 de dezembro de 2000. Brasília, D.F., Brasil.
- Brasil Social.** 2009. *Municípios da Rodovia Transamazônica*. [online] URL: http://www.brasilsocial.com/pdf/info_municipios.pdf
- Brondízio, E.S., S. D. McCracken, E. F. Moran, E.F., A. D. Siqueira, D. R. Nelson, e C. Rodriguez-Pedraza.** 2002. The Colonist Footprint: Toward a Conceptual Framework of Land Use and Deforestation Trajectories among Small Farmers in the Amazonian Frontier. Pages 133-161 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon*. University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Carr, D.L., L. Suter, e A. Barbieri.** 2005. Population Dynamics and Tropical Deforestation: State of the Debate and Conceptual Challenges. *Population and Environment* **27**(1):89-113.

- Celentano, D., e A. Veríssimo.** 2007. *O Avanço da Fronteira na Amazônia: do boom ao colapso*. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAIZON), Belém, Pará, Brazil.
- Chomitz, K.M. e T. S. Thomas.** 2001. Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity in the Brazilian Amazon. Development Research Group Working Paper, Washington, D.C., USA.
- Clarín.** 2007. Fiebre del oro en Brasil. Buscadores de fortunas: la reaparición del fenómeno de los garimpeiros. E. Gossman [online] URL: <http://malinche.wordpress.com/category/materias-no-jornal/page/9/>
- Cochrane, T. e P. Sanchez.** 1982. Land Resources, Soils and their Management in the Amazon Region. Pages in S. B. Hecht, editor. *Agriculture and Land Use Research*. CIAT. Cali, Colombia.
- D'Antona, A.O.; L. K. VanWey, e C. M. Hayashi.** 2006. Property Size and Land Cover change in the Brazilian Amazon. *Population and Environment* **27**: 373-396.
- D'Antona, A.O., A. D. Cak, e L. K. VanWey.** 2008. Collecting sketch maps to understand property land use and land cover in large surveys. *Field Methods* **20**(1): 66-84.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Solos- CNPS .** 2006. *Sistema brasileiro de classificação de Solos*. 2ª Ed. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- Ewers, R.M. W. F. Laurance, e C. Souza Jr.** 2008. Temporal fluctuations in Amazonian deforestation rates. *Environmental Conservation* **38**(4):303-310.
- Faminow, M.D.** 1998. *Cattle, Deforestation and Development in the Amazon: An Economic, Agronomic and Environmental Perspective*. CAB International, New York, New York, USA.
- Fearnside, P.M.** 1979. Previsão da produção bovina na rodovia Transamazônica do Brasil. *Acta Amazonica* **9**(4):689-700.
- Fearnside, P.M.** 1980. Land Use Allocation of the Transamazon Highway Colonists of Brazil and its Relation to Human Carrying Capacity. Pages 114-138 in F. Barbira-Scazzocchio, editor. *Land, People and Planning in Contemporary Amazonia*. University of Cambridge Centre of Latin American Studies Occasional Paper No. 3, Cambridge, U.K.
- Fearnside, P. M.** 1984. Land clearing behaviour in small farmer settlement schemes in the Brazilian Amazon and its relation to human carrying capacity. Pages 255–271 in A. C. Chadwick and S. L. Sutton, editors. *Tropical rain forest: the Leeds Symposium*. Leeds Philosophical and Literary Society, Leeds, UK.
- Fearnside, P. M.** 1986. *Human carrying capacity of the Brazilian rainforest*. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Fearnside, P.M.** 2003. A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil.
- Fearnside, P. M.** 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology* **19**:680–688.
- Fearnside, P. M.** 2008. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology and Society* **13**(1): 23. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art23/>

- Fearnside, P.M. e P.M.L.A. Graça.** 2006. BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho Highway and the potential Impact of Linking the Arc of Deforestation to Central Amazonia. *Environmental Management* **38**:705-716.
- Futemma, C., e E. S. Brondízio.** 2003. Land reform and land-use changes in the lower Amazon: Implications for agricultural intensification. *Human Ecology* **31**(3):369–402.
- Geist, H. J., e E. F. Lambin.** 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* **52**(2):143–150.
- Goody, J.** 1958. *The developmental cycle of domestic groups*. Cambridge University Press, New York, New York, USA.
- Hecht, S.B.** 1985. Environment, Development and Politics: Capital Accumulation and the Livestock Sector in Eastern Amazonia. *World Development* **13**(6):663-684.
- Homma, A., R. Walker, F. Scatena, A. Conto, R. Carvalho, A. Rocha, C. Ferreira, e A. Santos.** 1993. A Dinâmica dos desmatamentos e das queimadas na Amazônia: Uma análise microeconômica. *Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural* **31**: 663–676.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).** 2007. Censos Populacionais e Agropecuários. [online] URL:<http://www.ibge.gov.br>.
- Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM).** 2009. *Orientações estratégicas para o Plano Estadual de Prevenção e Controle dos Desmatamentos no Amazonas*. Elaborado para o Governo do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil.
- Jornal de Brasília.** 2005. INCRA pede ajuda para conter a grilagem de terras. [online] URL: <http://www.al.rs.gov.br/ag/CLIPAGEM/noticias.asp?txtIDMATERIA=127876&txtIdTipoMateria=8&txtIdVeiculo=18>
- Kaimowitz, D., B. Mertens, S. Wunder, e P. Pacheco.** 2004 Hamburger connection fuels Amazon destruction. Centre for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Köppen, W.** 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica, Cidade do México, México.
- Lambin, E.F., B. L. Turner, H. J. Geist, S. B. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. S. George, K. Homewood, J. Imbernon, J., R. Leemans, X. Li, E. F. Moran, M. Mortimore, P. S. Ramakrishnan, J. F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. A. Veldkamp, C. Vogel, e J. Xu.** 2001 The Causes of Land-Use and Land-Cover Change: Moving Beyond the Myths. *Global Environmental Change* **11**:261-269.
- Laurance, W. F.** 2000. Mega-development trends in the Amazon: implications for global change. *Environmental Monitoring and Assessment* **61**: 113-122.
- Laurance, W.F., M. A.Cochrane, S. Bergen, P. M. Fearnside, P. Delamônica, C. Barber, S. D'Angelo, e Fernandes,T.** 2001. The Future of the Brazilian Amazon. *Science* vol. 291:p.438-439.
- Laurance, W.F., A.K.M. Albernaz, G. Schroth, P. M. Fearnside, S. Bergen, E. M. Venticinque, e C. Costa.** 2002. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography* **29**: 737–748.

- Lentini, M., A. Veríssimo, e D. Pereira.** 2005. A Expansão Madeireira na Amazônia. *O Estado da Amazônia* 2. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, Pará, Brazil.
- Liu, J., T. Dietz, S. R. Carpenter, M. Alberti, C. Folke, E. F. Moran, A. N. Pell, P. Deadman, T. Kratz, J. Lubchenco, E. Ostrom, Z. Ouyang, W. Provencher C. L. Redman, S. H. Schneider, e W. W. Taylor.** 2007. Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science* **317**:1513-1516.
- Ludewigs, T., A. O. D'Antona, E. S. Brondízio and S. Hetrick.** 2009. Agrarian Structure and Land-Cover Change Along the Lifespan of Three Colonization Areas in the Brazilian Amazon. *Population and Environment* **37**(8):1348-1359.
- MacMillan, G.** 1995. *At the end of the rainbow? Gold, land and people in the Brazilian Amazon.* Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Mahar, D J.** 1979. *Frontier development policy in Brazil: a study of Amazonia.* Praeger, New York, New York, USA.
- Mahar, D J.** 1989. Government Policies and Deforestation in Brazil's Amazon Region. World Bank, Washington, D.C., USA.
- Margulis, S.** 2000. Quem são os agentes dos desmatamentos na Amazônia e por que eles desmatam? *Concept Paper* prepared for the World Bank, Washington, D.C., USA.
- Matos, R.** 2007. Novos espaços da migração ou espaços efêmeros do emprego e da população? Anais do 5 Encontro Nacional sobre Migrações. Campinas, São Paulo, Brasil, outubro 2007. [online] URL:http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/outros/5EncNacSobreMigracao/mesa_01_nov_esp_mig.pdf
- McCracken, S.D., A. D. Siqueira, E. F. Moran, e E. S. Brondízio.** 2002. Land Use Patterns on an Agricultural Frontier in Brazil: Insights and Examples from a Demographic Perspective. Pages 162-192 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon.* University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Moran, E.F.** 1977. Estratégias de Sobrevivência: O uso de recursos ao longo da Rodovia tranzamazônica. *Acta Amazonica* **7**(3):363-379.
- Moran, E.F.** 1981. *Developing the Amazon.* Bloomington: Indiana University Press, Bloomington, Indiana, USA.
- Moran, E.F., E. S. Brondízio, S. D. McCracken.** 2002. Trajectories of Land Use: soils, succession, and crop choice. Pages 193-217 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon.* University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Nascimento, R.R. e P.M.L.A. Graça.** 2009. Análise da dinâmica espacial da vegetação secundária em Apuí (AM) a partir de dados multitemporais de Landsat TM no período de 1998 a 2007. PPG7, Simpósio Ciência e Tecnologia, SPC&T Fase II/PPG7, editors. *In Anais...Belém, Pará, Brazil.*
- Nepstad, D., A. Veríssimo, A. Alencar, A., C. Nobre, E. Lima, P. Lefebvre, P. Schlesinger, C. Potter, P. Moutinho, E. Mendoza, M. Cochrane, e V.Brooks.** 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* **398**: 505–508.
- Nepstad, D. C.; C. M. Stickler e O. T. Almeida.** 2006. Globalization of the Amazon Soy and

- Beef Industries: Opportunities for Conservation. *Conservation Biology* **20**(6):1595-1603.
- O Curumim.** 2007. *Promotor de Apuí afastado por suspeita de fraude*. 3 de outubro de 2007, [online] URL: <http://www.ocurumim.com.br/Noticia.asp?ID=469>
- Ozório de Almeida, A. L., e J. S. Campari.** 1995. *Sustainable Settlement in the Brazilian Amazon*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Perz, S. G.** 2001. Household Demographic factors as life cycle determinants of land use in the Amazon. *Population Research and Policy Review* **20**: 159-186.
- Perz, S. G.** 2002. Population growth and net migration in the Brazilian Legal Amazon, 1970-1996. Pages 107-129 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon*. University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Perz, S. G., R. Walker, e M. M. Caldas.** 2006. Beyond Population and Environment: Household Demographic Life Cycles and Land Use Allocation Among Small Farms in the Amazon. *Human Ecology* **34**:829-849.
- Pfaff, A.S.** 1999. What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from Satellite and Socioeconomic Data. *Journal of Environmental Economics and Management* **37**:26-43.
- Pichón, F.** 1997. Colonist and land allocation decisions, land use and deforestation in the Ecuadorian Amazon Frontier. *Economic Development and Cultural Change* **45**(4): 707-744.
- Portal Amazônia.** 2008. *MPE pede prisão preventiva de Vicente Cruz*. Portal Amazônia, 19 de janeiro de 2008, [online] URL: <http://portalamazonia.globo.com/pscript/noticias/noticias.php?pag=old&idN=62963>
- Rangel, T.F.L.V.B, J. A. F. Diniz-Filho, e L. M. Bini.** 2006. Towards an integrated computational tool for spatial analysis in macroecology and biogeography. *Global Ecology and Biogeography* **15**: 321-327.
- Razera, A.** 2005. *Dinâmica do desmatamento em uma nova fronteira do sul do Amazonas: análise da pecuária de corte no município do Apuí*. Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) and Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brazil.
- Reis, N.J.** 2006. Rochas Carbonáticas da Região de Apuí – Amazonas. *Série Insumos Mineraiis para Agricultura* **12**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Manaus, Amazonas, Brasil.
- Rodrigues, A. S. L., R. M. Ewers, L. Parry, C. Souza Jr., A. Veríssimo, e A. Balmford.** 2009. Boom-and-Boost Development Patterns Across the Amazon Deforestation Frontier. *Science* **324**: 1435-1437.
- Rudel, T.K.** 2005. Changing Agents of Deforestation: from State-initiated to Enterprise Driven Processes, 1970-2000. *Land Use Policy* **24**: 35-41.
- Sawyer, D.** 2001. Evolução demográfica, qualidade de vida e Desmatamento na Amzônia. Pages XX-XX in 20 editors. *Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia*. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, D.F., Brazil.
- Schneider, R. R., E. Arima, A. Veríssimo, P. Barreto, e C. Souza Jr.** 2000. *Amazônia sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural*. World Bank, Brasília, DF and Instituto do Homem e Ambiente na Amazônia (IMAZON), Belém, Pará, Brazil.

- Schubart, H.** 1999. Biodiversidade e território na Amazônia. In: *III Congresso Sul-Americano de Alternativas de Desenvolvimento Resgatando a Amazônia: uma nova história*. Manaus, Amazonas, Brazil.
- Serrão, E.A.S., E. S. Cruz, M. Simão Neto, G. F. Sousa, J. B. Bastos, e M. C. F. Guimarães.** 1971 Resposta de três gramíneas forrageiras (*Brachiaria decubens* Stapf., *Brachiaria ruziziensis* Germain et Everard e *Pennisetum purpureum* Schum.) a elementos fertilizantes em latosolo amarelo textura média. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte (IPEAN) Série: *Fertidades do Solo* **1**(2):388.
- Serrão, A., I. Falesi, J. B. Vega, e J. F. Teixeira Neto.** 1979. Productivity of cultivated pastures on low fertility soils in the Brazilian Amazon. Pages 195-226 in P.A. Sanchez and L.E. Tergas, editors. *Pasture Production in Acid Soils of the Tropics*. CIAT, Cali, Colombia.
- Smith, N.** 1982. *Rainforest Corridors: the Transamazon colonization scheme*. University of California Press, California, USA.
- Soares-Filho, B. S., D. C. Nepstad, L. M. Curran, G. C. Cerqueira, R. A. Garcia, C. A. Ramos, E. Voll, A. McDonald, P. Lefebvre, e P. Schlesinger.** 2006. Modelling conservation in the Amazon Basin. *Nature* **440**:520–523.
- SYSTAT 11** © Copyright 2004, All Rights Reserved. [online] URL: <http://www.systat.com/>
- The Guardian.** 2007. *Brazilian Goldminers flock to “New Eldorado”*. The Guardian, January 11, International Section p.17. [online] URL: <http://www.guardian.co.uk/world/2007/jan/11/brazil.mainsection>
- Tiefelsdorf, M.** 2000. Modelling spatial process: the identification and analysis of spatial relationships in regression residuals by means of Moran’s I. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Toledo, J.; Serrão, A.** 1982. Pasture and animal production in Amazonia. Pages in S.B. Hecht (ed.) *Land use and agriculture research in the Amazon Basin*. CIAT, Cali, Colombia.
- Vitel, C. S. M. N.** 2009. *Modelagem da dinâmica do desmatamento de uma fronteira em expansão, Lábrea, Amazonas*. Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brazil.
- Vosti, S. A., J. Witcover, e C. L. Carpentier.** 1998. *Arresting Deforestation and Resource Degradation in the Forest Margins of the Humid Tropics: Policy, Technology, and Institutional Options for Western Brazil*. Draft of IFPRI Working Paper, IFPRI, Washington, D.C., USA.
- Vosti, S. A., J. Witcover, e C. L. Carpentier.** 2002. Agricultural Intensification by Smallholders in the western Brazilian Amazon. Research Report 30, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., USA.
- Walker, R. T.** 2003. Mapping Process to Pattern in the Landscape Change of the Amazonian Frontier. *Annals of the Association of American Geographers* **93**(2):376-398.
- Walker, R. T., E. F. Moran, e L. Anselin.** 2000. Deforestation and Cattle Ranching in the Brazilian Amazon: external Capital and Household Processes. *World Development* **28**(4):683-699.

- Walker, R. T., S. G. Perz, M. M. Caldas, e L. G. Teixeira Silva.** 2002. Land-use and land-cover change in forest frontiers: The role of household life cycles. *International Regional Science Review* **25**(2):169–199.
- Wood, C.H.** 2002. Introduction to Land use and Deforestation in the Amazon. Pages 1-38 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon*. University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Wood, C. H., e D. Skole.** 1998. Linking satellite, census, and survey data to study deforestation in the Brazilian Amazon. Pages 70-93 in D. Liverman, E. F. Moran, R. R. Rindfuss, and P. C. Stern, editors. *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- World Resources Institute (WRI).** 2009. Climate Analysis Indicators Tool. [online] URL: <http://cait.wri.org/>
- Wu, J.** 2008. Landscape Ecology, cross-disciplinarity, and sustainability science. *Landscape Ecology* **21**:1-4.
- Zar, J.H.** 1974. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

CONCLUSÃO GERAL

O efeito que os 50 anos da abertura da região amazônica promove na movimentação das populações entre as fronteiras pode ser evidenciado tanto no nível de unidades familiares como no nível regional de análise nos lotes do PARJ. Facilitada com a rede de estradas e intensificada pela sua expansão, a migração da população de descendentes, que formam novas unidades familiares, ou dos pais ao resolverem investir em acúmulo de terras para dividir entre as unidades familiares descendentes, acabam por promover a ocupação das fronteiras na borda do bloco florestal. O PARJ está localizado mais distante de mercados consumidores e com maior média pluviométrica do que a maioria dos locais de estudos nessa escala sobre a Amazônia, e apresentou dinâmicas e picos de desmatamento diferentes de outras fronteiras ou da Amazônia como um todo. Os efeitos de período e de idade dos lotes na proporção desmatada não puderam ser separados devido à grande variação das trajetórias de mudança de uso da cobertura vegetal e das unidades familiares que os ocupam. A variância parece estar associada a fatores pertinentes à migração, ao período de ocupação e ao capital de investimento das unidades familiares, que refletem as mudanças na economia nacional e as características biofísicas dos lotes.

Também, independente do capital inicial, a maioria pratica a pecuária possibilitando o acúmulo de terras que depois podem ser consolidadas com menor mão-de-obra. Créditos pecuários e mão-de-obra para outros também contribuem para famílias menos capitalizadas expandirem a infraestrutura pecuária, adquirir matrizes bovinas e acumular terras. Culturas agrícolas como o café e cacau embora demonstrem ser produtivas e contarem com créditos rurais são vulneráveis às altas taxas de precipitação anual e limitadas pela pequena demanda no município. O resultado dos diferentes tipos de atores nas atividades de desmatamento e de consolidação da infraestrutura pecuária em seus lotes dependeu da cobertura vegetal herdada e do tempo de permanência da unidade familiar, geralmente correlacionada com capital disponível para investimento. Diferentemente do padrão observado por autores estudando outras fronteiras, o acúmulo de desmatamento nos lotes no PARJ não apresentou tendência de estabilizar na primeira década. A precipitação média anual relativamente maior em Apuí do que na maior parte do “arco do desmatamento” corrobora padrões observados em escalas regionais. A alta precipitação é um fator desvantajoso para a pecuária, mas não a inviabiliza completamente. A área de reserva legal geralmente não é respeitada e indicou que escolhas do

uso da terra para a pecuária extensiva pode ser uma decisão tomada por falta de alternativas economicamente viáveis.

A análise da árvore de regressão foi útil em separar os dados de desmatamento considerando a área total como uma variável contínua. A taxa de crescimento do rebanho bovino em Apuí sugere que os atores capitalizados que chegaram durante a última década têm grande influência em consolidar áreas já abertas e aumentar as taxas de desmatamento de florestas primárias. Os resultados também demonstram que a aquisição de lotes e a expansão e consolidação da pecuária configuram muitas vezes o caráter especulativo dessa atividade na Amazônia mesmo para pequenos e médios proprietários. A crescente consolidação da terra em fazendas maiores e mais capitalizadas indica o potencial para altas taxas de desmatamento no futuro. Essas constatações também indicam o deslocamento de um contingente de pequenos agricultores para outras fronteiras e a continuação do desmatamento nessas áreas.

O aprofundamento de análises que priorizam a dinâmica do desmatamento comparando diferentes escalas é útil para evidenciar causas freqüentemente importantes em escalas regionais que demonstram pouca importância em micro-escalas, e *vice-versa*. Por exemplo, em Apuí, essa comparação demonstrou que a região não parece sofrer efeitos diretos de indicadores macroeconômicos, como o produto interno bruto ou variação da taxa de câmbio. Nessa escala de análise não foi possível concluir quais os fatores e em que proporção eles contribuem para o avanço da pecuária. Contudo, a presença mais intensa de madeireiras, da atividade de garimpos, de comerciantes pecuaristas, da grilagem, de desvios de dinheiro público e o aumento dos cargos públicos sugerem que grande parte do capital investido na pecuária provém de outras fontes que não da rentabilidade dessa atividade. Essas fontes ilícitas não são possíveis de serem contabilizadas, mas parecem estar contribuindo para sustentar o avanço do desmatamento em Apuí.

Por fim, a heterogeneidade das fronteiras de desmatamento, sob efeito de mudanças locais e regionais em sua evolução, indica que padrões e processos são constantemente re-estruturados de acordo com as oportunidades temporais. Esses padrões e processos locais devem ser mais bem compreendidos, e têm importante função de direcionar o curso do desmatamento futuro e em que prováveis taxas locais ele ocorrerá. Essa complexidade de relações entre os atores envolvidos no desmatamento também deve ser contabilizada nos modelos espaciais de dinâmica do uso da terra que têm o objetivo de prever o curso e as taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira. Sem essas informações, modelos espaciais de modelagem de desmatamento não serão úteis em representar aonde o desmatamento futuro vai ocorrer, para assim poder gerar diretrizes adequadas para políticas públicas na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becker, B. K. 2005. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados* 19 (53): 71-86.
- Cenamo, M. C., & G. C. Carrero. No prelo(a). Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) in Apuí, southern Amazonas: Challenges and Caveats Related to Land Tenure and Governance in the Brazilian Amazon. *Journal of Sustainable Forestry*, in press.
- Fearnside, P. M. 1986. *Human carrying capacity of the Brazilian rainforest*. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Fearnside, P. M. 2008. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology and Society* 13(1): 23. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art23/>
- Fearnside, P.M. and P.M.L.A. Graça. 2006. BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho Highway and the Potential Impact of Linking the Arc of Deforestation to Central Amazonia. *Environmental Management* 38:705-716.
- Laurance, W. F. 2000. Mega-development trends in the Amazon: implications for global change. *Environmental Monitoring and Assessment* 61: 113-122.
- Mahar, D J. 1979. *Frontier development policy in Brazil: a study of Amazonia*. Praeger, New York, New York, USA.
- Ozório de Almeida, A. L., and J. S. Campari. 1995. *Sustainable Settlement in the Brazilian Amazon*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Perz, S. G. 2002. Population growth and net migration in the Brazilian Legal Amazon, 1970-1996. Pages 107-129 in C. H. Wood and R. Porro, editors. *Deforestation and Land Use in the Amazon*. University Press of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Razera, A. 2005. *Dinâmica do desmatamento em uma nova fronteira do sul do Amazonas: análise da pecuária de corte no município do Apuí*. Thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) and Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brazil.
- Sawyer, D. 2001. Evolução demográfica, qualidade de vida e Desmatamento na Amazônia. Pages 73-90 in 20 editors. *Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia*. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, D.F., Brazil.
- Schneider, R. R., E. Arima, A. Veríssimo, P. Barreto, and C. Souza Jr. 2000. *Amazônia sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural*. World Bank,
- Uhl, C.; A. Veríssimo; M. M. Mattos; Z. Brandino, and I.C.G. Vieira. 1991. Social, Economic, and Ecological Consequences of Selective Logging in the Amazon Frontier: the case of Tailândia. *Forest Ecology and Management* 46:243-273.