



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE ÁREAS PROTEGIDAS NA
AMAZÔNIA – MPGAP

EVOLUÇÃO DO DESMATAMENTO EM ÁREAS PROTEGIDAS SOB INFLUÊNCIA
DA RODOVIA BR-319, NA REGIÃO DE VILA REALIDADE, HUMAITÁ,
AMAZONAS

MARCELO GEISON DOS SANTOS

Manaus, 2018

MARCELO GEISON DOS SANTOS

**EVOLUÇÃO DO DESMATAMENTO EM ÁREAS PROTEGIDAS SOB INFLUÊNCIA
DA RODOVIA BR-319, NA REGIÃO DE VILA REALIDADE, HUMAITÁ,
AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça

Manaus, 2018

MARCELO GEISON DOS SANTOS

**EVOLUÇÃO DO DESMATAMENTO EM ÁREAS PROTEGIDAS SOB INFLUÊNCIA
DA RODOVIA BR-319, NA REGIÃO DE VILA REALIDADE, HUMAITÁ,
AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia.

Aprovada em:

Prof. Dr. Henrique dos Santos Pereira – INPA
Primeiro Examinador

Prof. Dr. Philip Martin Fearnside – INPA
Segundo Examinador

Prof. Dra. Suzy Cristina Pedroza da Silva – UFAM
Terceira Examinadora

Prof. Dr. Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça
Orientador

Manaus, 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
INPA – Biblioteca do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

S237 Santos, Marcelo Geison dos
Evolução do desmatamento em áreas protegidas sob influência da rodovia BR-319, na região de Vila Realidade, Humaitá, Amazonas / Marcelo Geison dos Santos. - Manaus : [s. n.], 2018.
viii, 51 f. : il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2018.
Orientador : Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça
Programa : Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia

1. Desmatamento. 2. Áreas protegidas. 3. BR-319. I Título

CDD 634.956

Sinopse:

Este estudo apresenta a evolução do desmatamento em duas áreas protegidas sob influência da BR-319, na região de Vila Realidade, Humaitá, Amazonas, nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução da rodovia (2006).

Palavras-chave: Desmatamento, Áreas protegidas, BR-319, Amazônia, Unidades de Conservação, Vila Realidade.

Dedico este trabalho

À minha esposa Juliana, pelo apoio e incentivo. Aos meus pais, Jaime e Marta, e aos meus irmãos Jarbas, Johnson e Jeferson, por sempre acreditarem em mim. Aos meus avós, que sempre estarão presentes nas minhas boas lembranças.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela conclusão de mais uma etapa importante dela.

Ao INPA, pelo oferecimento do Mestrado Profissional em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia (MPGAP).

Ao Prof. Dr. Paulo Maurício Lima de Alencastro Graça pela orientação, disponibilidade, atenção e paciência dedicada.

À Dra. Rita Mesquita pelo incentivo.

Aos professores do MPGAP por compartilharem seus conhecimentos com a turma.

Ao amigo Victor Bizerra Quaresma pela atenção e conhecimentos compartilhados e ao amigo Tadeu Rocha Pontes Filho pela indicação do MPGAP.

Aos funcionários do INPA que colaboram para o funcionamento do MPGAP.

Aos servidores da FLONA Balata-Tufari por me receberem em Humaitá.

Aos colegas da turma pelo companheirismo.

Aos meus sogros, Helena e Jeremias, pela acolhida durante minha estadia em Manaus.

Ao IBAMA por me proporcionar conhecer parte da Amazônia.

E a todos os demais que de alguma forma contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho.

RESUMO

O desmatamento na Amazônia é causado por diversas atividades, algumas de maior e outras de menor impacto. Dentre essas atividades estão a agricultura, pecuária e urbanização, dentre estas as obras de infraestruturas. A relação entre as rodovias oficiais e o desmatamento é alta e estudos indicam que a reabertura da rodovia BR-319 que liga Porto Velho a Manaus prevê impactos irreversíveis, sendo que o desmatamento em áreas protegidas, causado pelo processo de ocupação da rodovia é o que se procura quantificar nesse estudo, assim como analisar a dinâmica de ocupação na área a ser estudada. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi analisar a evolução do desmatamento dentro e fora das áreas protegidas causado pelo processo de ocupação da rodovia BR-319, na vila Realidade e áreas adjacentes, nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução da rodovia (2006). A área de estudo é formada por um polígono cujo segmento central é um trecho da BR-319 com 100 km de comprimento, partindo do entroncamento com a BR-230 em direção a Manaus, abrangendo a vila Realidade e fazendo interseção com a Floresta Nacional de Balata-Tufari e a Floresta Estadual Tapauá. O desmatamento na área de estudo foi calculado a partir da utilização dos dados do PRODES até o ano de 2016, sendo realizadas análises para o período anterior ao ano de 2006 e para o período posterior (2006 a 2016), no intuito de verificar a evolução do desmatamento e o efeito do anúncio da reconstrução da rodovia. Para analisar o efeito inibitório das áreas protegidas, foi criada uma faixa de 10 km ao entorno (buffer) dos limites das áreas protegidas, tanto na parte interna como na parte externa de cada área protegida. Como resultado das análises, foi identificado que o desmatamento acumulado na área de estudo não aumentou significativamente no ano do anúncio da reconstrução da BR-319. No entanto, a partir do ano de 2014, que foi o ano da liberação do licenciamento ambiental para o início das obras de manutenção/conservação da rodovia houve um incremento de 2.212 hectares num intervalo de apenas 3 (três) anos, representando 43% de todo o desmatamento calculado entre os anos de 2001 a 2016. A maior concentração de polígonos de desmatamento acumulado foi identificada na localidade de Vila Realidade e seu entorno. A análise espacial demonstrou que 88,7% do desmatamento acumulado até o ano de 2016 ocorreu em uma faixa de distância de até 5,5 km das rodovias oficiais (BR-319 e BR-230) e/ou de até 1,0 km de rios navegáveis, dos quais 68,9% estão relacionados a desmatamentos na área de influência da rodovia BR-319. O desmatamento fora das unidades foi superior ao desmatamento detectado dentro das unidades, considerando faixas interna e externa de 10 km no limite das áreas protegidas. Para a FLONA Balata-Tufari os valores das taxas de desmatamento variaram de 27,7 a 31,1 vezes maior fora da unidade de conservação do que no seu interior e para a FES Tapauá a variação nas taxas de desmatamento foi de 11,4 a 12 vezes maior fora da unidade de conservação do que no seu interior. A análise espacial demonstrou que os polígonos de desmatamento encontrados na faixa interna ocorreram em sua maioria às margens do rio Ipixuna, enquanto que na faixa externa a maior ocorrência de desmatamento se deu nas proximidades das rodovias BR-319 e BR-230. Quanto à análise da dinâmica de uso e ocupação do solo nos desflorestamentos quantificados na área de estudo, realizada a partir dos dados do programa TerraClass 2014, os resultados mostraram que 48% das áreas estão classificadas como Vegetação Secundária e 32,1% estão classificadas como pastagem. As estradas se mostram uma indutora do desmatamento, podendo ser uma grande ameaça à biodiversidade desta região e as áreas protegidas exercem papel relevante como estratégia de conservação.

Palavras-chave: Desmatamento, Áreas protegidas, BR-319, Amazônia, Unidades de Conservação, Vila Realidade.

ABSTRACT

Deforestation in the Amazon is caused by several activities, each with different degrees of impact. Among these activities are agriculture, cattle raising and urbanization. There is a strong correlation between the existence of official highways and deforestation and studies indicate that the reopening of the BR-319 highway linking Porto Velho and Manaus provides for irreversible impacts deforestation in protected areas caused by the occupation led by the highway is what this study is intended to quantify, as well as to analyze the occupation dynamics in the study area. This way the objective of this work was to analyze the evolution deforestation inside and outside protected areas motivated by the BR-319 occupation process in the Vila Realidade and adjacent areas, during periods before and after the announcement of rebuild the highway (2006). The study area is formed by a polygon whose central segment is a 100 km length stretch of the BR-319, starting from the junction with the BR-230 heading to Manaus, encompassing Vila Realidade and intersecting Balata-Tufari National Forest and Tapauá State Forest. Deforestation in the study area was calculated using PRODES data up to 2016; analyzes were performed encompassing a period preceeding the BR-319 rebuild announcement (2006) and a posterior period from 2006 to 2016, aiming to verify the evolution deforestation and the effect rebuild announcement on the area. To analyze protected areas inhibitory effect, a buffer ranging 10 km from the protected areas limits to the inside and the outside was established. As a result from the analyzes there was no significant increase in the acumulated deforestation in the year of the BR-319 rebuild announcement. However, starting in 2014, which was the year of the enviromental licensing emission for the maintenance/conservation of the highway, there was an increase of 2,212 hectares in 3 (three) year period, which means 43% of the deforestation occurred between 2001 and 2016. Accumulated deforestation polygons were mainly concentrated in and around Realidade. Spatial analysis exhibited that 88.7% of the accumulated deforestation until 2016 occured in a range of 5.5 km from official highways (BR-319 and BR-230) and/or 1.0 km from navigable rivers, 68.9% of which are related to deforestation in the BR-319 highway influence area. The deforestation outside the protected areas was higher than inside, this considering two 10 km buffers inside and outside their limits. In the Balata-Tufari National Forest the deforestation index ranged from 27.7 to 31.1 times more deforestation outside the protected area than in it's interior, in the Tapauá State Forest the deforestation index ranged from 11,4 to 12 times bigger outside the State Forest than in its interior. The spatial analysis demonstrated that the deforestation polygons found in the inner buffer occurred by the Ipixuna river margins, while in the outter buffer the deforestation accumulated by the margins of BR-319 e BR-230 highways. Regarding the analysis of the land use and occupation dynamics in the study area, performed through TerraClass 2014 program data, the results showed that 48% of the areas are classified as Secondary Vegetation and 32.1% are classified as pasture. The roads are an inducer of deforestation and can be a great threat to the biodiversity of this region and protected areas play a relevant role as a conservation strategy.

Keywords: Deforestation, Protected areas, BR-319, Amazon, Conservation Unity, Realidade Village.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA	12
2.1.1. Atividades relacionadas ao desmatamento na Amazônia	13
2.1.2. Monitoramento do Desmatamento na Amazônia	15
2.1.3. Sensoriamento Remoto no monitoramento do desmatamento.....	16
2.1.3.1. Cálculo do Desmatamento na Amazônia – PRODES.....	16
2.1.3.2. TerraClass e os Padrões Espaciais de Desmatamento na Amazônia	17
2.1.4. As áreas protegidas e o desmatamento na Amazônia Legal	19
2.2. ESTRADAS E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA	21
2.2.1. Processo de ocupação da Amazônia com a construção de rodovias.....	21
2.2.2. Desmatamento associado à construção de Rodovias na Amazônia	21
2.2.3. A Rodovia BR-319.....	23
2.2.3.1. Processo de reconstrução da BR-319	24
2.2.3.2. Efeitos da BR-319 sobre o desmatamento	25
2.2.3.3. ALAP – Área de Limitação Administrativa Provisória da BR-319.....	26
3. OBJETIVOS	28
3.1. OBJETIVO GERAL.....	28
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo	29
4.2. Coleta e análise dos dados	31
4.2.1. Quantificação da perda de cobertura florestal na área de influência da rodovia BR-319 nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução (2006).....	31
4.2.2. Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas.....	32
4.2.3. Caracterização do uso da terra.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1. Perda de cobertura florestal na área de influência da rodovia BR-319 nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução (2006).....	34
5.1.1. Identificação dos polígonos de desmatamento com área inferior a 6,25 hectares	39
5.2. Evolução do desmatamento nas áreas protegidas sob influência da rodovia BR-319 nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução (2006).....	40
5.2.1. Evolução do desmatamento na faixa interna das áreas protegidas	40
5.2.2. Evolução do desmatamento na faixa interna das áreas protegidas	42
5.2.3. Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas.....	45
5.3. Uso e cobertura da terra na área de influência da rodovia BR-319	50
6. CONCLUSÃO	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Taxas anuais de desmatamento na Amazônia. Fonte: INPE. (a) Média entre 1977 e 1988; (b) Média entre 1993 e 1994; (d) Taxa estimada.	17
Figura 2 - Proporção do desmatamento dentro e fora das áreas protegidas na Amazônia Legal e nos estados de Mato Grosso (MT), Pará (PA) e Rondônia (RO). Fonte: (Ferreira, Venticinque e Almeida, 2005).....	20
Figura 3 – Proporção de desmatamento em função da distância da estrada na Amazônia Legal. Fonte: Ferreira, 2001.	23
Figura 4 – Área de influência da rodovia BR-319 no interflúvio Purus-Madeira. Fonte: Graça <i>et al.</i> , 2014.	25
Figura 5 – Localização das Áreas Especiais (UCs e TIs) monitoradas na ALAP BR-319.	28
Figura 6 – Área de estudo, destacada pelo polígono de linha vermelha. Imagem Landsat5 Órbita-Ponto 232/65, datada de 23/07/2006. Composição falsa cor R(3), G(4), B(5). Fonte: Autor.....	31
Figura 7 – Buffer interno de 10 km (a) e buffer externo de 10 km nas Unidades de Conservação da área de estudo (b).	34
Figura 8 – Incremento do desmatamento anual na área de estudo, a partir de dados do PRODES.....	35
Figura 9 - Taxas anuais de desmatamento no estado do Amazonas do ano 2001 até 2016.	36
Figura 10 – Incremento (hectares) de desmatamento na área de estudo, a partir de dados do PRODES.....	37
Figura 11 - Desmatamento acumulado localizado na faixa de 5,5 km das rodovias BR-319 e BR-230 e na faixa de 1 km de rios navegáveis.....	38
Figura 12 - Mapa de calor (kernel) para o desmatamento acumulado na área de estudo no ano de 2016.	39
Figura 13 - Desmatamento acumulado em polígonos inferiores a 6,25 ha, agrupados por classe de tamanho na área de estudo até o ano de 2016.....	40
Figura 14 - Polígono de desmatamento (linha branca) com área de 0,18 ha, obtido por classificação supervisionada através do software livre QGIS. Ao fundo, imagem Google Earth.	41
Figura 15 – Evolução do desmatamento acumulado na faixa interna das unidades de conservação.	42
Figura 16 – Evolução do desmatamento acumulado na faixa externa das unidades de conservação.	44
Figura 17 – Placa do DNIT referente ao início das obras de manutenção (conservação/recuperação) na rodovia BR-319/AM.	45
Figura 18 - Desmatamento acumulado até o ano de 2016 nas faixas interna e externa das áreas protegidas.	46
Figura 19- Efetividade das áreas protegidas a partir do ano de sua criação.	50
Figura 20 - Percentual de uso e ocupação da terra dos desflorestamentos na área de estudo.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Áreas protegidas interceptadas pela área de estudo.....	30
Tabela 2 - Desmatamento acumulado até o ano de 2016 nas faixas interna e externa da FES Tapauá.	47
Tabela 3 - Desmatamento acumulado até o ano de 2016 nas faixas interna e externa da FLONA Balata-Tufari.	47
Tabela 4 - Área (ha) e proporção (%) das classes temáticas de uso e ocupação mapeadas pelo projeto TerraClass nos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014. Classes que foram agrupadas encontram-se em destaque em verde e em vermelho, correspondendo respectivamente as classes: Demais classes e Pastagem.....	51
Tabela 5 - Área (ha) e proporção (%) das classes de uso e ocupação do projeto TerraClass 2014 nos desflorestamentos mapeados na faixa interna das áreas protegidas.....	53
Tabela 6 - Área (ha) e proporção (%) das classes de uso e ocupação do projeto TerraClass 2014 nos desflorestamentos mapeados na faixa externa das áreas protegidas.	54

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica é a maior floresta tropical do mundo e um patrimônio natural estratégico para o desenvolvimento da Região e do Brasil. Contudo, é objeto de um desordenado e intenso processo de ocupação, com alto índice de desmatamento.¹ O desmatamento é um tema crítico para a conservação da natureza em consequência da destruição de habitats que causa. Partindo do princípio de que o desmatamento envolve impactos ambientais acentuados, devido à descaracterização total do habitat natural, deve-se considerar esta prática como a última alternativa. (IBAMA, 2003).

O desmatamento na Amazônia brasileira tem impactos severos, variando de escala desde o local até o global. O papel central de infraestrutura como força motriz de desmatamento faz com que entender e melhorar o processo de tomada de decisão para infraestrutura seja um assunto ambiental de grande interesse (Fearnside e Graça, 2006).

A relação entre as rodovias oficiais e o desmatamento é alta. De acordo com Barber *et al.* 2014, 94,9% de todo o desmatamento na Amazônia brasileira ocorreu em uma faixa de distância de até 5,5 km das estradas oficiais e clandestinas (todo tipo: asfaltada e de terra) ou de até 1,0 km de rios navegáveis.²

As principais estradas que cortam a Amazônia Brasileira: BR-010 (Belém–Brasília), BR-364 (Cuiabá–Porto Velho), BR-230 (Transamazônica), BR-163 (Cuiabá–Santarém), BR-174 (Manaus–Boa Vista), BR-319 (Porto Velho–Manaus). Esta última é objeto de estudo deste trabalho e pauta de muitas discussões a respeito do processo de desenvolvimento econômico do estado do Amazonas.

A reabertura da rodovia BR-319 que liga Porto Velho a Manaus prevê impactos irreversíveis para as florestas e poderá acarretar em um desmatamento entre 5,1 a 44 milhões de hectares na Amazônia Legal (IDESAM, 2014). A justificativa de que a BR-319 impulsionará o crescimento econômico de Manaus é contestada, em primeiro lugar, pelo fato de que o modal de transporte rodoviário para escoamento da produção do Polo Industrial de Manaus (PIM) até o sul do país tem custo pelo menos 50% maior que outros modais como ferroviário ou hidroviário segundo Bernard *et al.*, 2009.

1 MMA. Ministério do Meio Ambiente. Consultas públicas para criação de unidades de conservação na região de entorno da BR-319 (Manaus-Porto Velho). Julho - 2006. Brasília-DF Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf/_arquivos/folder_consulta1.pdf> Acesso em 12/01/2017

2 Disponível em < <http://www.loisellelab.org/wp-content/uploads/2015/08/Barber-et-al-2014.pdf>> Acesso em 21/04/2017

Experiências de construção e melhoria das vias de acesso na Amazônia resultaram em um padrão de desmatamento que se espalha para além das vias de acesso quando estabelecidas, e que se aceleram quando estas são melhoradas. O desmatamento em áreas protegidas, causado pelo processo de ocupação da Rodovia BR-319, é o que se procura quantificar nesse estudo, assim como analisar a dinâmica de ocupação na área a ser estudada. A pergunta do estudo em questão aborda se a simples expectativa da reconstrução da rodovia, após seu anúncio em 2006, foi suficiente para acelerar o processo de ocupação nessas regiões, consequentemente, aumentando a taxa de desmatamento entre os anos de 2006 e 2016.

A discussão a respeito da construção de rodovias na Amazônia se tornou algo instigante que envolve diversos atores, como acadêmicos, empresários, órgãos governamentais e não governamentais, abordando as vantagens e desvantagens, melhorias e impactos. Enfim, o presente estudo visa contribuir com informações a respeito do esclarecimento do desmatamento causado pelo processo de ocupação em rodovias na Amazônia Brasileira, especificamente na BR-319, para um melhor entendimento da dinâmica do desmatamento causado pelo processo de ocupação humana que a rodovia pode acarretar caso seja reconstruída, bem como para verificar o efeito inibitório do desmatamento nas áreas protegidas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

A substituição da cobertura florestal natural tem sido objeto de muitas preocupações e discussões nas últimas décadas, não somente no contexto da comunidade científica, mas também da sociedade em geral, por constituir um dos principais problemas ambientais brasileiros (Coutinho *et al.*, 2013). Se antes o foco estava centrado na ameaça à maior megadiversidade do planeta, agora a divulgação dos problemas associados à mudança climática adiciona maior dramaticidade às perdas esperadas pela supressão das florestas nativas. Afinal, o processo de desmatamento é o principal foco brasileiro de contribuição às emissões de carbono (Sant'anna e Young, 2010).

A preocupação mundial com os desmatamentos da Amazônia brasileira é em parte motivada pela imagem de um processo destrutivo no qual os benefícios econômicos e sociais são menores que as perdas ambientais (Margulis, 2003), além de ser um processo complexo com múltiplos determinantes e objetos de diferentes estudos teóricos e empíricos (Reydon, 2011).

Desmatamento é a operação que objetiva a supressão total da vegetação nativa de determinada área para o uso alternativo do solo. Considera-se nativa toda vegetação original, remanescente ou regenerada, onde qualquer descaracterização que venha a suprimir toda a vegetação nativa deve ser interpretada como desmatamento (IBAMA, 2003). Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, o desmatamento é um processo que se inicia com a floresta Amazônica intacta e termina com a conversão completa da floresta original em outras coberturas (INPE, 2008).

Embora áreas extensas ainda permaneçam intactas, a taxa de perda da floresta é dramática, em especial no “arco do desmatamento” (Fearnside, 2005). A região do Arco do Desmatamento é considerada pelo governo federal como área crítica para a prevenção, combate e controle ao desmatamento (Santos, 2010). Marquesini e Lerer (2005) afirmam que a região do arco do desmatamento está diretamente associada ao avanço da fronteira agrícola.

O Arco inicia no sul do Pará, passa pelo norte de Tocantins e Mato Grosso, atravessa Rondônia e termina no Acre. Essa linha marca a expansão da fronteira agropecuária, numa trajetória que inicia com a degradação florestal provocada pela exploração seletiva de madeira e grande incidência de queimadas, seguida pela conversão de milhares de quilômetros quadrados de cerrados e florestas em pastagens para alimentar o gado e plantações de soja,

arroz e milho. Esse processo de ocupação é quase sempre predatório, desordenado e ilegal (ARPA, 2010).

Fearnside (2006) discorre que os impactos do desmatamento incluem a perda de oportunidades para o uso sustentável da floresta, incluindo a produção de mercadorias tradicionais tanto por manejo florestal para madeira como por extração de produtos não-madeireiros, além de sacrificar a oportunidade de capturar o valor dos serviços ambientais da floresta. O elemento fundamental para reduzir a velocidade do desmatamento, e um dia pará-lo, é a vontade política para fazer isto. Fluxos monetários dos serviços ambientais da redução da velocidade do desmatamento poderiam prover a motivação para isto, assim como a motivação poderia vir dos impactos diretos do Brasil, tais como a perda de provisão de vapor de água para os principais centros de população do país na região centro-sul (Fearnside, 2006).

O desmatamento na Amazônia também pode ser encarado como um reflexo da economia nacional. A integração da Amazônia a mercados regionais e internacionais e a dependência de investimentos externos na região têm submetido a trajetória do desmatamento, ao longo dos anos, à dinâmica econômica do país (Alencar *et al.*, 2004).

2.1.1. Atividades relacionadas ao desmatamento na Amazônia

O desmatamento na Amazônia é causado por diversas atividades, algumas de maior e outras de menor impacto, sejam ambientais, sociais ou econômicos. Dentre essas atividades estão a agricultura, pecuária e urbanização. Embora os investimentos governamentais no controle do desmatamento da Amazônia tenham aumentado nos últimos anos, ainda se enfatiza o fomento de atividades econômicas ligadas à derrubada da floresta. Esse paradoxo gera uma situação em que o desmatamento continua sendo incentivado em nome do suposto progresso econômico da região (Alencar *et al.*, 2004).

Os dados de uso do solo na Amazônia mostram a pecuária como a principal atividade na região como fonte dos desmatamentos. Sua expansão, desde o início da década de 1970, tem sido um processo contínuo e de caráter inercial (Margulis, 2003). A degradação florestal pela extração ilegal de madeira e o desmatamento levam à conversão da floresta original, sobretudo para a formação de extensas pastagens e plantios agrícolas, e formam a maior ameaça às florestas (IBAMA, 2003).

A exploração madeireira sem manejo adequado na Amazônia é um vetor de degradação da floresta e em sua maior parte é ilegal. Segundo o Simex (Sistema de

Monitoramento da Exploração Madeireira – IMAZON), a área total explorada – legal (com licença) e ilegal (não autorizada) – de agosto de 2009 a julho de 2010 foi de 1.205 km² de florestas, a maioria (65%) ilegal. Da exploração ilegal, a maioria (84%) ocorreu em áreas privadas, desocupadas ou em disputa. No estado do Mato Grosso foram 2.260 km² explorados entre agosto de 2009 e julho de 2010, 44% ilegal. Deste total, a maioria (87,8%) também foi explorada nas áreas privadas desocupadas ou em disputa (RAISG, 2012).

Os atores e as forças que conduzem ao desmatamento variam entre partes diferentes da região, e variam ao longo do tempo. Em geral, os grandes e médios fazendeiros respondem pela grande maioria da atividade do desmatamento, mas os pequenos agricultores podem atuar como forças importantes nos lugares onde estão concentrados (Fearnside, 2006). É importante considerar o papel dos incentivos fiscais creditícios dados aos fazendeiros da região, e os investimentos em infraestrutura, especialmente estradas. (Sant’anna e Young, 2010). Não é o fracasso dos pequenos produtores a grande motivação para seu deslocamento rumo a áreas de florestas ainda preservadas, mas justamente o contrário: o sucesso obtido pela venda dos direitos de propriedade adquiridos através da conversão é que acaba encorajando a continuidade do ciclo de desmatamento (Schneider, 1994; Almeida e Campari, 1995; Young, 1997).

Na Amazônia brasileira toda a área utilizada para agricultura representa menos de 7% do total da área agropecuária. São cerca de 3,4 milhões de hectares num total 45,1 milhões. Os 93% restantes estão cobertos por pastagens formadas em diversas modalidades, com taxa de lotação entre 0,4 a 5 animais por hectare, numa média de aproximadamente 0,9 (RAISG, 2012).

Em relação ao crédito rural (MMA, 2008), há evidências fortes de correlação direta entre oferta de crédito rural público e dinâmica de desmatamento de florestas na Amazônia, que podem e devem ser detalhadas e aprofundadas. A oferta crescente de crédito rural sem a adoção de mecanismos de controle e monitoramento preciso e ágil pelos órgãos ambientais acerca do cumprimento de compromissos ambientais pelos produtores rurais, como o georreferenciamento dos imóveis e respectivas áreas de conservação, pode induzir ao crescimento ou à manutenção de taxas elevadas de desmatamentos na Amazônia.

2.1.2. Monitoramento do Desmatamento na Amazônia

O desmatamento é um processo que afeta grande parte da Amazônia. Sem dúvida, o Brasil é o país com a maior perda de florestas (RAISG, 2012). Não obstante, no período 2005-2012, experimentou uma importante redução do desmatamento.

Os programas do INPE para o monitoramento do desmatamento e queimadas na Amazônia é muito completo e eficiente, uma vez que contam com diferentes abordagens para a detecção do desmatamento, compreendendo a detecção do início do processo (degradação), com indicativos de tempo quase real, diagnóstico do corte raso e detecção de focos de calor produzidos por queimadas (Santos, 2010).

Entres as técnicas de monitoramento presentes, está o sistema demonstrado e operado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Este sistema conta com quatro sistemas operacionais: PRODES, DETER, QUEIMADAS e DEGRAD, os quais são complementares e atendem a diferentes objetivos (Lemos, 2011).

Além das técnicas de sensoriamento remoto utilizado pelo INPE, existem outras metodologias para o desmatamento na Amazônia como, por exemplo, o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) do IMAZON (Lemos, 2011). O mapeamento ou monitoramento das mudanças na cobertura da terra na Amazônia é desafiador. A região é muito extensa, as mudanças da cobertura da terra ocorrem de forma acelerada, e frequentemente coberta por nuvens (Alves *et al.*, 2009).

O PRODES e o Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real (DETER), desenvolvidos pelo INPE, são exemplos bem sucedidos de programas de ação do governo brasileiro que tem como finalidade o monitoramento da floresta Amazônica para, juntamente com o Ministério do Meio Ambiente e o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis), estabelecer ações para o combate e fiscalização do desmatamento (Saito, 2010b).

2.1.3. Sensoriamento Remoto no monitoramento do desmatamento

O Sensoriamento Remoto em uma definição de Figueiredo (2005) é o processo de captação de informações dos fenômenos e feições terrestres, por meio de sensores, sem contato direto com os mesmos, associado a metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento e análise destas informações. O autor cita ainda que o Sensoriamento Remoto possibilita aplicações em inúmeras áreas: agricultura, meio ambiente, geologia, recursos hídricos, estudo de solos, florestas, assim como para fins de levantamentos, monitoramento ou mapeamento, com uso de imagens de satélites.

O Brasil tem se beneficiado enormemente dos avanços na área de sensoriamento remoto e processamento de imagens de satélite na última década, o que tem permitido um conhecimento muito maior sobre os comportamentos temporais e regionais dos desmatamentos da Amazônia (Margulis, 2003). Ainda dispõe de uma moderna técnica de monitoramento por satélite para detectar e medir o desmatamento na Amazônia (Lemos, 2011).

O sensoriamento remoto tem sido também parte integrante de investigações sobre a alteração da floresta pela atividade madeireira e o fogo que frequentemente precede o desmatamento e para a caracterização da distribuição temporal e espacial do fogo antropogênico na Amazônia (Alves *et al.*, 2009).

O sensoriamento remoto pode ser usado em escala de tempo decadais e em escalas espaciais do Brasil e de toda a Bacia Amazônica (a Amazônia brasileira é um grande componente de ambas) para estudar a mudança na ampla cobertura florestal (Pfaff *et al.*, 2003).

2.1.3.1. Cálculo do Desmatamento na Amazônia – PRODES

O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) surgiu na década de 1980, a partir de uma demanda do Ministério do Meio Ambiente, em associação com o Ministério de Ciência e Tecnologia, com o objetivo de produzir, a partir de levantamentos sistemáticos, estimativas sobre a taxa anual de desmatamento e a extensão territorial do mesmo, que segundo Coutinho (2008) foi uma resposta ao preocupante e descontrolado processo de ocupação e desmatamento na região amazônica.

O PRODES realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso da floresta na Amazônia Legal e produz, desde 1988, as taxas anuais de desmatamento na região

(Figura 1), que são usadas pelo governo brasileiro para o estabelecimento de políticas públicas³. O mapeamento é realizado no período de agosto de um determinado ano a julho do ano seguinte. A área mínima mapeada é de 6,25 hectares (Saito, 2010b).

Com os dados do PRODES disponíveis na web é possível analisar e identificar os principais padrões de desmatamento, relacionando-os com as diferentes formas de ocupação humana e os principais usos da terra. Este tipo de análise é importante, não apenas para agregar conhecimento aos dados de desmatamento, mas também para indicar regiões críticas e contribuir com o planejamento do território e para subsidiar a formulação de políticas públicas em suas diversas concepções (Saito, 2011). O PRODES usa imagens adquiridas pelos satélites Landsat, DMC e CBERS, nas resoluções espaciais de 30, 32 e 20 metros, respectivamente (PRODES, 2008 apud Saito, 2010b).

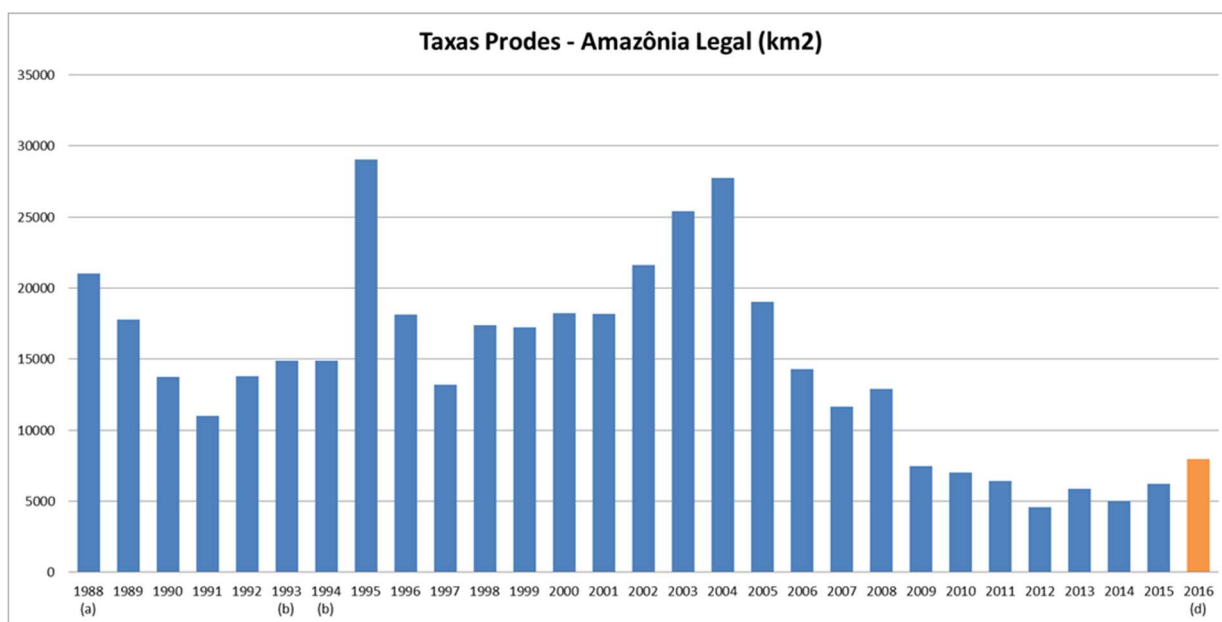


Figura 1 - Taxas anuais de desmatamento na Amazônia. Fonte: INPE. (a) Média entre 1977 e 1988; (b) Média entre 1993 e 1994; (d) Taxa estimada.

2.1.3.2. TerraClass e os Padrões Espaciais de Desmatamento na Amazônia

O projeto Mapeamento do Uso e Cobertura da terra nas Áreas Desflorestadas da Amazônia Legal – TerraClass foi articulado e executado para viabilizar o atendimento a uma demanda do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Tal demanda estava relacionada à questão das taxas de desmatamento observadas na Amazônia Legal, calculadas

e publicadas pelo PRODES, e focava a necessidade de apresentar à sociedade brasileira e internacional, de forma numérica e espacialmente explícita, quais eram as principais atividades promotoras desse fenômeno, delimitado e mensurado anualmente na região (Coutinho, 2008).

O projeto TerraClass, cujo objetivo é qualificar o desflorestamento da Amazônia Legal, tendo por base as áreas desflorestadas mapeadas e publicadas pelo PRODES (Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite) e imagens de satélite, apresenta os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal para todas as áreas desflorestadas mapeadas pelo PRODES até o ano de 2014 (INPE, 2014).⁴

Como principal resultado deste mapeamento é possível entender a dinâmica de uso e cobertura da Amazônia Legal Brasileira. Para isto já foram mapeados cinco anos de uso e cobertura (2004, 2008, 2010, 2012 e 2014) que permitirão uma análise evolutiva de uma década que se inicia no ano da implantação do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm).⁵

O conjunto de classes temáticas é formado pelas três classes temáticas já envolvidas no projeto PRODES (Floresta, Não floresta e Hidrografia) e outras classes para a qualificação e mapeamento das áreas desflorestadas (Vegetação secundária, Regeneração com pasto, Agricultura anual, Pasto limpo, Pasto sujo, Pasto com solo exposto, Área urbana, Mineração, Mosaico de ocupações, Outros, Área não observada e Reflorestamento (Coutinho *et al.*, 2013; INPE, 2016).

A classe “Mosaico de ocupações” é formada por áreas representadas por uma associação de diversas modalidades de uso da terra e que devido à resolução espacial das imagens de satélite não é possível uma discriminação entre seus componentes. Nesta classe, a agricultura familiar é realizada de forma conjugada ao subsistema de pastagens para criação tradicional de gado. A classe “Outros” é representada por áreas que não se enquadram nas chaves de classificação e apresentam padrão de cobertura diferenciada de todas as classes do projeto, tais como afloramentos rochosos, praias fluviais, banco de areia entre outros. Já a classe “Área não observada” é formada por áreas que tiveram sua interpretação impossibilitada pela presença de nuvens ou sombra de nuvens, no momento de passagem para aquisição de imagens de satélite, além de áreas recentemente queimadas. A classe Reflorestamento começou a ser mapeada no Projeto TerraClass apenas a partir de 2010.

4 Disponível em http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php

5 Disponível em http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php

Os dados do TerraClass demonstram que a pecuária ocupa aproximadamente 60% do total de áreas desmatadas em toda Amazônia. A vegetação secundária, que se traduz na regeneração da floresta, corresponde a 23% do mapeamento feito pelo projeto.⁶

Os dados do Projeto TerraClass auxiliam muitos trabalhos acadêmicos que se propõem a analisar a dinâmica do desmatamento, tanto com os dados publicados, como a metodologia aplicada no projeto, a partir de 2008 quando os dados foram publicados. O TerraClass é bastante utilizado em estudos de dinâmica do desmatamento, associação espacial de áreas impactadas (desmatamento, queimadas) e também para estudo de arranjo espacial urbano e terras agrícolas (Escada *et al.*, 2008; Leitold *et al.*, 2013; Dal'ata *et al.*, 2013).

2.1.4. As áreas protegidas e o desmatamento na Amazônia Legal

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC – Lei 9.985/2000) – é o conjunto de unidades de conservação (UC) federais, estaduais e municipais. É composto por 12 categorias de UC, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: aquelas que precisam de maiores cuidados, pela sua fragilidade e particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo.⁷

De acordo com a lei 9.985/2000 as unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, permitindo pesquisas científicas autorizadas. Algumas delas admitem visitação pública, sujeita às normas estabelecidas pelo órgão responsável. Nesse grupo são incluídas as seguintes categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre.

Já as Unidades de Uso Sustentável possuem como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Assim, permitem a exploração e o aproveitamento econômico direto, de acordo com as normas estabelecidas. Pertencem a esse grupo as seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna e Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

6 Disponível em http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4173

7 Disponível em <<http://www.mma.gov.br/areas-protetidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>>

Além de determinarmos como está distribuído espacialmente o desmatamento na Amazônia Legal brasileira, uma questão importante é saber como está distribuída a proporção desse desmatamento dentro e fora do atual conjunto das Unidades de Conservação e Terras Indígenas na Amazônia. Em outras palavras, esse conjunto de áreas protegidas pode ser um instrumento de política pública usada para a diminuição do desmatamento na Amazônia? Ou devido à sua baixa implementação esse conjunto não cumpre sua função de diminuir o avanço do desmatamento na Amazônia Legal brasileira? (Aaron *et al.*, 2001 apud Ferreira, Venticinque e Almeida, 2005).

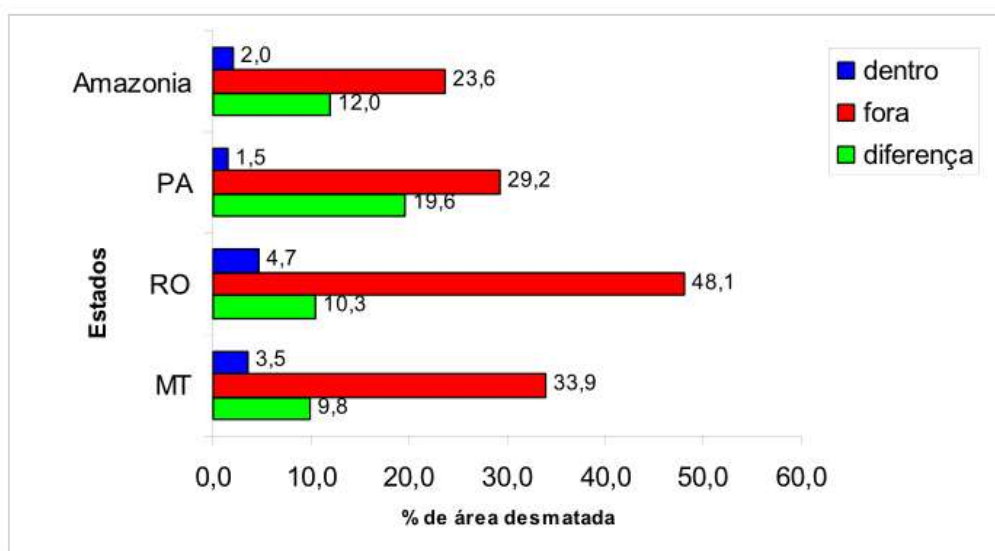


Figura 2 - Proporção do desmatamento dentro e fora das áreas protegidas na Amazônia Legal e nos estados de Mato Grosso (MT), Pará (PA) e Rondônia (RO). Fonte: (Ferreira, Venticinque e Almeida, 2005).

Observa-se pela Figura 2 que o percentual de área desmatada dentro das áreas protegidas variou de 1,5 a 4,7%, enquanto a proporção de desmatamento fora delas variou de 29,2% a 48,1% nos três estados analisados e que a diferença do desmatamento dentro ou fora das áreas protegidas variou de aproximadamente dez vezes nos estados de Mato Grosso e Rondônia a aproximadamente vinte vezes no estado do Pará. Esses resultados demonstram claramente a importância das áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) como uma das ferramentas para conter ou diminuir o processo do desmatamento nos três estados que mais contribuíram com o desmatamento na Amazônia Legal (Ferreira, Venticinque e Almeida, 2005).

2.2. ESTRADAS E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

2.2.1. Processo de ocupação da Amazônia com a construção de rodovias

A fase recente da ocupação da bacia amazônica começou na década de 60 do século XX com a construção de estradas ligando o Centro-Sul à região Norte. Nas décadas de 70 e 80, o desmatamento foi um reflexo do modelo desenvolvimentista e de integração pensado para a região, pautado por políticas de ocupação (por motivos geopolíticos) concretizadas por meio da implantação de grandes projetos de colonização e mineração (Pólo Noroeste, Projeto Carajás e construção de usinas hidroelétricas e rodovias) (Alencar *et al.*, 2004).

A partir de meados da década de sessenta do século passado, a dinâmica da ocupação assumiu características distintas em termos da velocidade e fundamentos do processo (Margulis, 2003). De acordo com Margulis (2003) em 1970 a Amazônia brasileira era um vazio demográfico com densidade geográfica média de apenas cerca de 1,5 habitante/km², com menos de 1 habitante/km² nas áreas rurais. Apenas 12% do território da região encontrava-se em propriedades privadas, sendo que mais de 80% dessas propriedades não eram desmatadas.

Margulis (2003) ainda menciona que a redução dos custos de transportes propiciada pelos investimentos governamentais nos grandes eixos rodoviários, os subsídios fiscais e créditos aos investimentos privados e a emergência de mercados consumidores urbanos mais próximos (e.g. Brasília, Belém e Manaus) tornaram lucrativa a implantação de atividades agropecuárias, antes inviáveis na região.

Nas décadas que se seguem, a dinâmica de ocupação da fronteira foi avassaladora. O crescimento populacional, em grande parte devido aos fluxos migratórios das demais regiões do país, foi de 3,5% ao ano, quase o dobro da taxa média nacional no mesmo período (Margulis, 2003). Dentre as variáveis explicativas do desflorestamento consideradas neste período, destacam-se as políticas públicas, em especial os incentivos fiscais a empreendimentos privados na Amazônia, os créditos rurais subsidiados, os programas oficiais de colonização agrícola e os investimentos em infraestrutura, os quais atraíram empreendedores e milhares de migrantes em busca de terras para a região etc. (Rodrigues, 2004).

2.2.2. Desmatamento associado à construção de Rodovias na Amazônia

“Ocupar para não entregar” era o lema do governo militar para a Amazônia brasileira nos anos 1960 e 1970. O principal meio escolhido pelos militares para alcançar tal meta foi a abertura de estradas na região. Desde então, as rodovias têm sido grandes promotoras do desmatamento florestal. Exemplo disso é a rodovia BR-163. Criada na década de 1970 como mais uma obra de infraestrutura para integrar o país, a rodovia atravessa a região central da Amazônia e deixa sua marca de degradação em uma região de extrema importância pela grande diversidade cultural, biológica e de recursos naturais.⁸

As estradas (vias, caminhos ou ramais) podem acelerar os processos de uso e transformação da Amazônia. Sua presença é um incentivo para a intensificação e expansão de assentamentos humanos, atividades agropecuárias, extração madeireira, mineração, entre outros (RAISG, 2012). A proporção do desmatamento como função da distância das estradas na Amazônia Legal tem, normalmente, padrões exponenciais, ou seja, grande proporção de desmatamento próximo às estradas (Ferreira, Venticinque e Almeida, 2005).

Esses padrões já foram observados por diversos estudos realizados na essa região. Ferreira (2001) encontrou curvas exponenciais do desmatamento em função da distância das estradas. Nepstad *et al.* (2001) demonstraram que três quartos dos desmatamentos entre 1978 e 1994 ocorreram dentro de uma faixa de 100 km de largura ao longo das rodovias BR-010 (Belém-Brasília), BR-364 (Cuiabá-Porto Velho) e PA-150 (Ferreira, Venticinque e Almeida, 2005).

8 Disponível em http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/amazonia/ameacas_riscos_amazonia/infraestrutura_na_amazonia/estradas_na_amazonia/ Acesso em 15/01/2017.

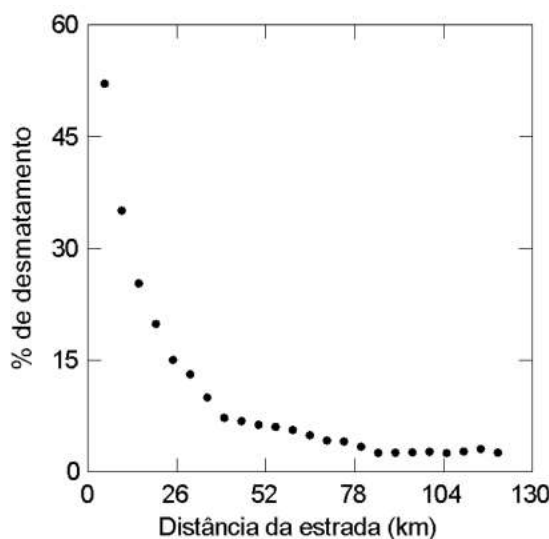


Figura 3 – Proporção de desmatamento em função da distância da estrada na Amazônia Legal. Fonte: Ferreira, 2001.

A presença de estradas na Amazônia prediz, favorece e acelera os processos de desmatamento. Sua construção está associada a formas predadoras de extração de recursos florestais (como a exploração ilegal de madeira), aos processos de substituição da paisagem florestal por atividades agropecuárias e aos grandes projetos de infraestrutura e urbanização (RAISG, 2012).

Os custos de transporte influenciam o uso da terra. Assim, uma vez que os investimentos em estradas produzem impactos no custo de transporte, em geral, a redução do custo de transporte leva ao aumento de desmatamento (Pfaff *et al.*, 2008).

As estradas estão nitidamente associadas a regiões de maior desmatamento, como no caso notório do chamado “arco de desmatamento” da Amazônia brasileira, onde estão localizadas as estradas Belém-Brasília (BR-153), Cuiabá-Santarém (BR-163) e Cuiabá-Porto Velho (BR-364) (RAISG, 2012).

2.2.3. A Rodovia BR-319

No ano de 1972 o governo brasileiro deu início à construção da rodovia BR-319. Esta fazia parte de um pacote de rodovias planejadas pelo governo, justificadas pelos benefícios econômicos da melhoria do transporte, e, em parte, por questões de controle territorial, que iniciou com a construção da rodovia Transamazônica em 1970 (Costa *et al.*, 2011).

A BR-319 liga as capitais Porto Velho/RO e Manaus/AM, e sua extensão total é de aproximadamente 877 km (Costa *et al.*, 2011). A alta prioridade dada à pavimentação inicial

da rodovia foi explicada como parte de um pacote informal de obras públicas e programas federais que foram concedidos ao Estado do Amazonas como um tipo de compensação para os investimentos federais mais pesados no Estado de Pará (Mahar, 1976 apud Costa *et al.*, 2011).

Em Manaus a rodovia é vista, geralmente, como um meio mais barato de exportar produtos industriais para São Paulo e outros grandes mercados no centro sul brasileiro, e como uma rota mais barata para os habitantes da cidade viajar para estas áreas, por exemplo, para visitas de família. No entanto, o fato da estrada facilitar viagens em ambas as direções, conduzindo assim a migração exacerbada para Manaus, praticamente não é mencionado (Fearnside e Graça, 2005).

A justificativa de que a BR-319 impulsionará o crescimento econômico de Manaus é contestada, em primeiro lugar, pelo fato de que o modal de transporte rodoviário para escoamento da produção do Polo Industrial de Manaus (PIM) até o sul do país tem custo pelo menos 50% maior que outros modais como ferroviário ou hidroviário. Nos últimos vinte anos, período em que a estrada esteve interditada, Manaus também não deixou de crescer. Mas, ao contrário, chegou a ocupar o quarto lugar no ranking das capitais com maior PIB do Brasil (Bernard *et al.*, 2009).

2.2.3.1. Processo de reconstrução da BR-319

Atualmente, a reconstrução da rodovia federal BR-319, estabelecida ao longo do eixo central do interflúvio dos rios Madeira e Purus, está prevista no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (Graça *et al.*, 2014).

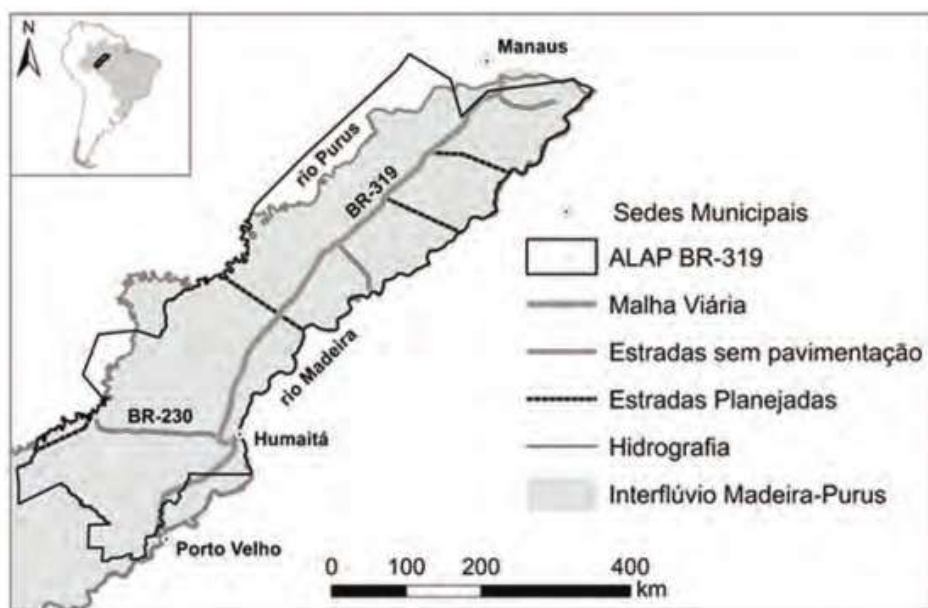


Figura 4 – Área de influência da rodovia BR-319 no interflúvio Purus-Madeira. Fonte: Graça *et al.*, 2014.

Em julho de 2005, juntamente com o Governo do Amazonas, o Ministério de Integração e Transportes - MIT anunciou oficialmente a reconstrução da rodovia. Com base em um Plano de Controle Ambiental elaborado pela Universidade Federal do Amazonas, a pedido do Governo estadual, o início das obras foi autorizado pelo MIT. No entanto, em 12 de julho do mesmo ano, o Ministério Público Federal (MPF), com base em uma notificação do IBAMA ao MIT, entrou com uma medida cautelar requisitando a suspensão temporária das obras até que os pré-requisitos ambientais fossem atendidos (Bernard *et al.*, 2009).

O cronograma anunciado pelo Ministro dos Transportes aproximadamente três meses antes da data planejada para começar a obra, implica em considerar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA) desnecessários. Em vez de um EIA/RIMA, feito de acordo com normas federais e que precisa ser completado e aprovado antes do início das obras, o governo estadual contratou a Universidade Federal do Amazonas para elaborar um Relatório de Acompanhamento Ambiental, a ser feito simultaneamente com a execução da obra (Fearnside e Graça, 2005).

O processo de tomada de decisão sobre a reconstrução da BR-319 segue o padrão evidente em outros projetos de infraestrutura amazônica de subestimar substancialmente os impactos e superestimar os benefícios de obras públicas propostas. O mais notável neste caso é o efeito de não contabilizar o impacto ambiental e social da estrada que é o impacto

potencial do fluxo de população para a Amazônia Central e para Roraima (Fearnside e Graça, 2005).

Fearnside (2008) argumenta que se a decisão for reconstruir a abandonada Rodovia BR-319 entre Manaus e Porto Velho, aproximadamente metade da Amazônia será aberta repentinamente a migração e ao desmatamento, completando ainda que conectar Manaus com o arco de desmatamento em Rondônia abriria as comportas para a Amazônia central e para Roraima, e uma série de estradas laterais planejadas abriria o último grande bloco de floresta intacta na metade ocidental do Estado do Amazonas.

2.2.3.2. Efeitos da BR-319 sobre o desmatamento

A exploração madeireira predatória e novas ocupações de terras estão acontecendo de forma rápida e desordenada. Este quadro indica um forte potencial para a perda de floresta em Roraima caso o fluxo de migração para esta área aumentar, como seria esperado se Roraima for conectada ao Arco do Desmatamento com a reabertura da Rodovia BR-319, ligando Manaus a Porto Velho (Barni, Fearnside e Graça, 2012).

A ampla documentação disponível sobre impactos ambientais de rodovias na Amazônia e os dados disponíveis sobre a sociobiodiversidade na área de influência da BR-319 permitem prever que o avanço da fronteira agrícola a partir de Rondônia acarretará danos significativos, incluindo agravamento do aquecimento global. A BR-319 contraria frontalmente a meta assumida pelo governo brasileiro de impedir a emissão de 4,8GT de CO₂ através da redução em 72% na taxa de desmatamento (Bernard *et al.*, 2009).

Algumas indicações de aumento potencial de desmatamento ao longo da BR-319 são evidentes. Houve várias aquisições de terra em antecipação à pavimentação, com implantação de agricultura intensiva de capital (arroz, seguido por soja). Segundo relatos de moradores locais, uma propriedade a 120 km e várias áreas a 200 km ao norte de Humaitá foram compradas por investidores maiores provenientes de Mato Grosso (Fearnside e Graça, 2005).

2.2.3.3. ALAP – Área de Limitação Administrativa Provisória da BR-319

Áreas sob Limitação Administrativa Provisória são porções de territórios com alto risco de danos graves aos seus recursos naturais, onde se proíbe o desmatamento pelo prazo de sete meses para a realização de estudos com vistas à criação de Unidades de Conservação.

É preciso ressaltar que a ALAP não é uma Unidade de Conservação. Estas serão criadas ao final do processo e não necessariamente em toda a área sob limitação.⁹

Localizada no coração do estado do Amazonas, a rodovia BR-319 é afetada pelo problema do desmatamento ilegal. Para tentar reverter esse processo, a região no entorno da BR-319 foi declarada como ALAP, contribuindo para frear o crescimento desordenado e predatório e promover o desenvolvimento da região em bases sustentáveis.¹⁰

Os estudos e consultas públicas em toda a região da ALAP, além de intensas negociações, tanto internas ao governo federal como junto ao Governo do Amazonas, produziram a proposta de um “mosaico” de unidades de conservação, já resguardadas áreas de possível interesse de povos indígenas. A proposta de mosaico de áreas protegidas, então chamado ALAP da BR-319, é composta por 13 UCs, abrangendo uma área de 9.414.486 hectares, sendo 29% de proteção integral e 71% de uso sustentável (Figura 5), entre elas o Parque Nacional do Mapinguari e a Reserva Extrativista Ituxi (WWF, 2008).

A ALAP da BR-319 foi criada em 2006 e teve por objetivo subsidiar estudos voltados para a criação de unidades de conservação, tendo em vista o potencial de degradação ambiental do empreendimento, e durou por um período de sete meses. Como resultado desta iniciativa foram criadas 11 novas unidades de conservação (5 federais e 6 estaduais), totalizando 28 unidades de conservação na área de influência da rodovia (Graça *et al.*, 2012).

Foi instituída por Decreto de 02 de janeiro de 2006¹¹, com área total de 15.334.811,00 ha, sendo excluídas do perímetro as Terras Indígenas já reconhecidas e as Unidades de Conservação já criadas e teve como motivações o aumento dos índices de desmatamento e a possibilidade de pavimentação da rodovia¹²

9 MMA. Ministério do Meio Ambiente. Consultas públicas para criação de unidades de conservação na região de entorno da BR-319 (Manaus-Porto Velho). Julho - 2006. Brasília-DF Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf/arquivos/folder_consulta1.pdf> Acesso em 12/01/2017.

10 MMA. Ministério do Meio Ambiente. Consultas públicas para criação de unidades de conservação na região de entorno da BR-319 (Manaus-Porto Velho). Julho - 2006. Brasília-DF Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf/arquivos/folder_consulta1.pdf> Acesso em 12/01/2017.

11 Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Dnn/Dnn10748.htm

12 Disponível em http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/eventos/audiencia-publica/audiencia-publica-br-319/unidades_de_conservacao_br-319.pdf

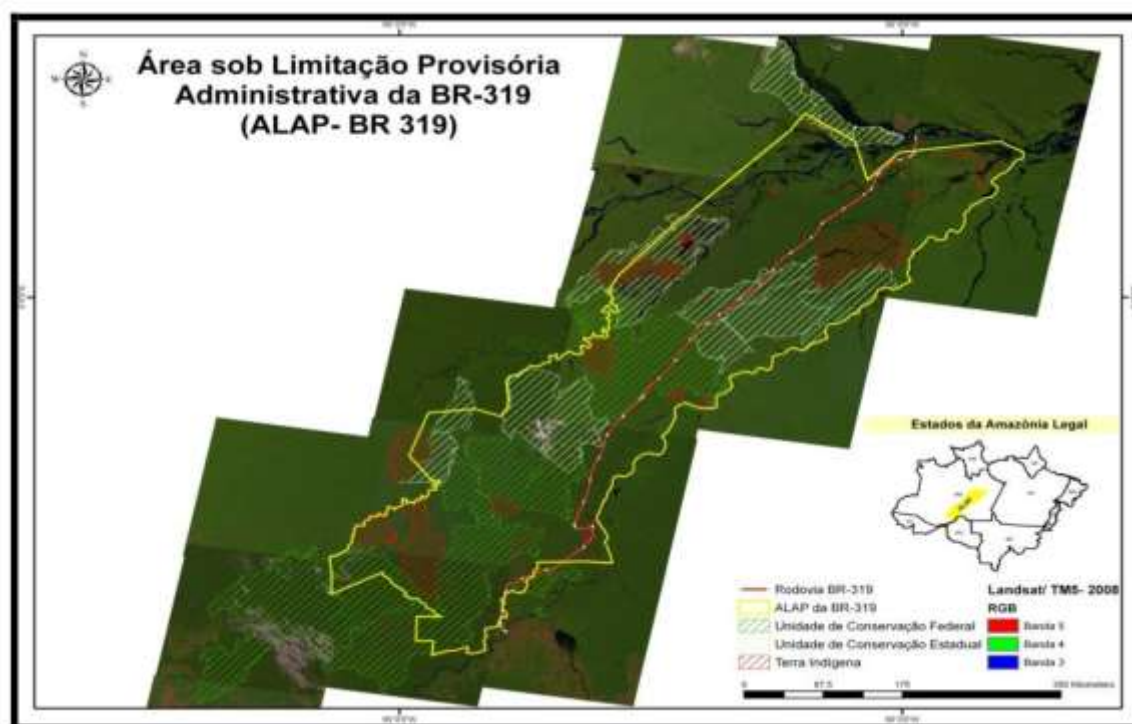


Figura 5 – Localização das Áreas Especiais (UCs e TIs) monitoradas na ALAP BR-319.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a evolução do desmatamento, dentro e fora das áreas protegidas, causado pelo processo de ocupação da rodovia BR-319, na vila Realidade e áreas adjacentes, comunidade localizada no município de Humaitá, Amazonas, nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução da rodovia (2006).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar a perda de cobertura florestal na área de influência da rodovia BR-319 nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução (2006);
- Analisar a evolução do desmatamento nas áreas protegidas sob influência da rodovia BR-319 nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução (2006);
- Caracterizar o uso e cobertura da terra na área de influência da rodovia BR-319;

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo se encontra dentro da Área de Limitação Provisória – ALAP da BR-319. A ALAP da BR-319 apresenta uma área total de 15.334.811,00 hectares e abrange 22 municípios do Amazonas, como Canutama, Beruri, Anori, Autazes, Manaquiri Careiro, Manacapuru, Anamã, Anori, Codajás, etc (Costa *et al.*, 2011).

A área de estudo definida é formada por um polígono cujo segmento central é um trecho da BR-319 com 100 km de comprimento, partindo do entroncamento com a BR-230 em direção a Manaus, e com largura de 50 km, sendo 25 km para cada lado da BR-319. A área de estudo abrange a vila Realidade, a qual possui em torno de 4.000 moradores e está localizada à margem da BR-319 e a 60 km do entroncamento com a BR-230, no sentido Humaitá-Manaus.

Tabela 1 – Áreas protegidas interceptadas pela área de estudo.

Nome	Ano de criação	Área (hectares)	Órgão Gestor	Plano de Manejo
FLONA Balata-Tufari	2005	1.077.859 (*)	ICMBio	Não
FES Tapauá	2009	881.704	SEMA/AM	Sim

(*) A FLONA Balata-Tufari foi criada no ano de 2005, com área de 802.023 hectares. No ano de 2008 foi ampliada em 275.836 hectares, totalizando 1.077.859 hectares.

A região da vila Realidade é caracterizada por uma vegetação de floresta ombrófila densa e floresta ombrófila aberta com palmeiras, sendo que a primeira é o tipo cobertura florestal predominante. O relevo é plano e com predominância de Argissolo vermelho amarelo distrófico (Graça *et al.*, 2007).

De acordo com o Relatório da 2ª Edição do Projeto MPF nas Comunidades Amazônicas¹³, de junho de 2013, na região encontra-se o Projeto de Desenvolvimento Sustentável Realidade, baseado no extrativismo de açaí e castanha. Possui uma área de 43.773,41 hectares e capacidade para assentar 250 famílias.

13 Disponível em <http://www.mpf.mp.br/am/projetos-especiais/mpf-na-comunidade/2a-edicao-2013-humaita/RELATORIO_FINAL_MPF_NAS_COMUNIDADES_2A_EDICAO_HUMAITA_AM.pdf>

4.2. Coleta e Análise dos Dados

Para a quantificação do desmatamento foram utilizados os dados do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia – PRODES para os anos de 1988 a 2016.

Os limites das unidades de conservação utilizadas no estudo foram obtidos a partir do sítio do Ministério do Meio Ambiente, acessado em 07/07/2017.

Para a caracterização do uso e cobertura da terra foram utilizados os dados do Projeto Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra – TerraClass nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal dos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014.

4.2.1. Quantificação da perda de cobertura florestal na área de influência da rodovia BR-319 nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução (2006);

O desmatamento na área de estudo foi calculado a partir da utilização dos dados do PRODES para o período de 1988 a 2016. Foram realizadas análises para o período anterior ao ano de 2006, ano do anúncio da reconstrução da BR-319 e para o período posterior (2006 a 2016), no intuito de verificar a evolução do desmatamento e o efeito do anúncio da reconstrução da rodovia.

Também foi realizada análise dos dados agrupados anualmente para o período de 2000 a 2016, pois o INPE não disponibiliza dados anuais de desmatamento pelo PRODES para anos anteriores a 2000, estando estes de forma acumulada.

Por meio da utilização do software livre QGIS, versão 2.18.16, foi gerado um mapa com o desmatamento acumulado até o ano de 2016 na área de estudo.

Com o objetivo de avaliar a densidade do desmatamento na área de estudo, foi elaborado um mapa de calor (kernel) utilizando os centroides dos polígonos de desmatamento acumulado para o ano de 2016, obtidos por meio dos dados do PRODES. O mapa de kernel foi gerado através da ferramenta Mapa de Calor contida no software livre QGIS. O estimador de densidade kernel desenha uma vizinhança circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, na fronteira da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores kernel sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (Silverman, 1986).

Uma vez que parte do desmatamento na área de estudo é realizada por pequenos agricultores e com dimensão inferior à área mínima de mapeamento do PRODES, foi realizada uma classificação destas áreas. Inicialmente, tentou-se a interpretação visual das imagens de satélite para delineamento de polígonos com área inferior a 6,25 hectares, mas

esta se mostrou ineficiente devido ao grande número de áreas pequenas desmatadas, o que torna uma tarefa morosa e desgastante.

Desta forma, foi realizada uma classificação supervisionada em imagem Landsat do ano de 2016, utilizando o software livre QGIS, com a utilização da ferramenta Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), permitindo a criação de categorias de interesse por meio de seleção de amostras. No sentido de obter apenas os polígonos classificados e não mapeados pelo PRODES, foi realizada a sobreposição dos polígonos classificados com os polígonos de desmatamento acumulado para o ano de 2016 e, por meio de operações de álgebra de mapas, foram obtidos os polígonos não mapeados pelo PRODES.

A validação dos polígonos classificados foi realizada por meio da ferramenta OpenLayersPlugin, do software QGIS, que possibilita a visualização *on line* de imagens de satélite do Google Earth diretamente no QGIS.

4.2.2. Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas

A análise foi realizada a partir da sobreposição entre os dados de desmatamento (PRODES) e os polígonos (shapes) das áreas protegidas na área de influência da rodovia BR-319 (Figura 7), com a utilização de álgebra de mapas em Sistema de Informações Geográficas.

Para analisar o efeito inibitório das áreas protegidas, foi adaptada a metodologia utilizada por Vitel *et al.* (2009), sendo criada uma faixa de 10 km ao entorno (buffer) dos limites das áreas protegidas, tanto na parte interna como na parte externa de cada área protegida.

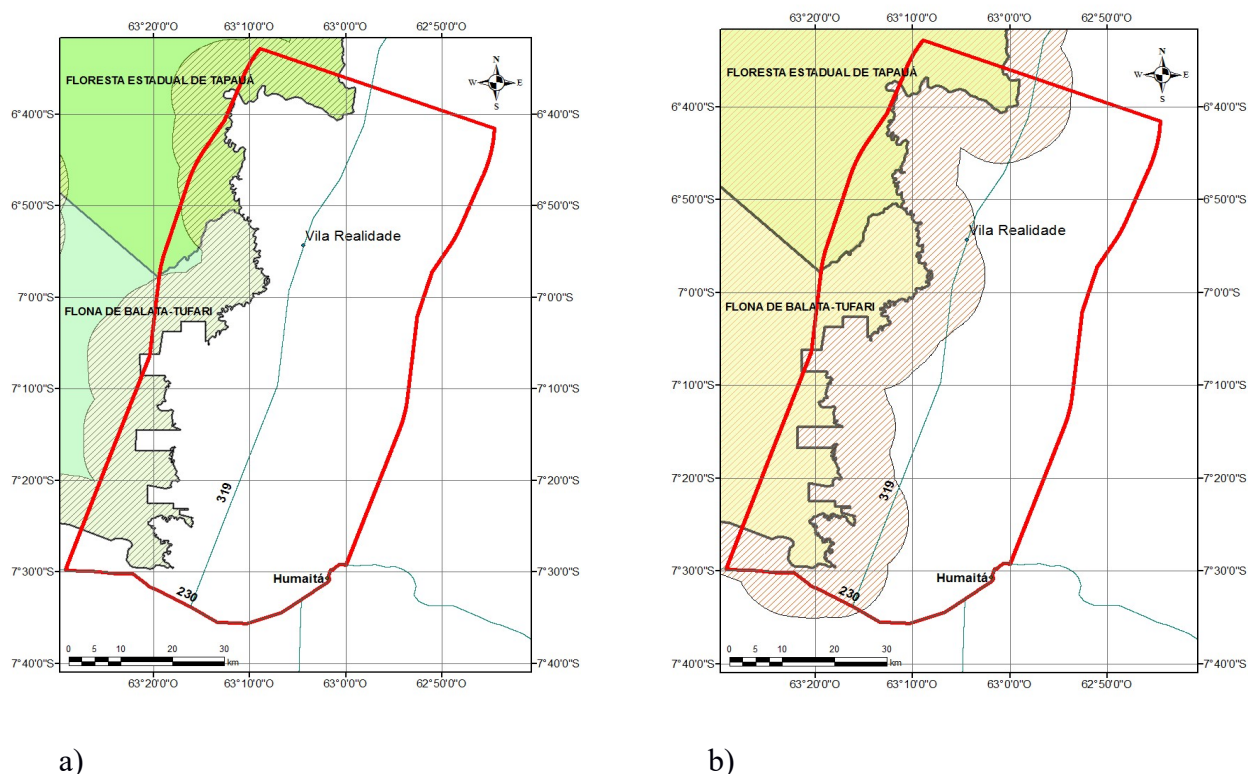


Figura 7 – Buffer interno de 10 km (a) e buffer externo de 10 km nas Unidades de Conservação da área de estudo (b).

Foram obtidas as frações de desmatamento fora e dentro das áreas protegidas no período anterior e posterior ao anúncio da reconstrução da BR-319, onde foi possível avaliar o desmatamento dentro da área protegida em relação à pressão externa. Para isto, foi calculada a razão entre as frações de áreas desmatadas fora e dentro das áreas protegidas. Essa razão forneceu uma medida de desempenho das áreas protegidas.

4.2.3. Caracterização do Uso e Cobertura da Terra

Neste item foram utilizados os dados do Projeto Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra – TerraClass nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal dos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014.

A análise foi realizada através da sobreposição entre os dados do TerraClass dos anos 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014 com o polígono (shape) da área de estudo. Também foi realizada análise do uso e cobertura da terra no ano de 2014 na faixa interna das áreas protegidas, através da sobreposição dos dados TerraClass 2014 com o polígono (shape) da faixa interna de cada área protegida.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Perda de cobertura florestal na área de influência da rodovia BR-319 nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução (2006) da BR-319.

A partir da análise dos dados PRODES obtidos na área de estudo foi possível calcular o desmatamento acumulado nos períodos anterior e posterior a 2006, ano do anúncio da reconstrução da BR-319.

É possível observar no gráfico abaixo (Figura 8) que para o período anterior ao anúncio da reconstrução a maior variação no incremento do desmatamento ocorreu do ano de 2000 para 2001, com incremento de 1.544 hectares. Tal fato pode estar relacionado à quantidade de desmatamento recoberto por nuvens nos 3 (três) anos anteriores e mensurados de forma acumulada no ano de 2001, que apresentou um total de 816 hectares.

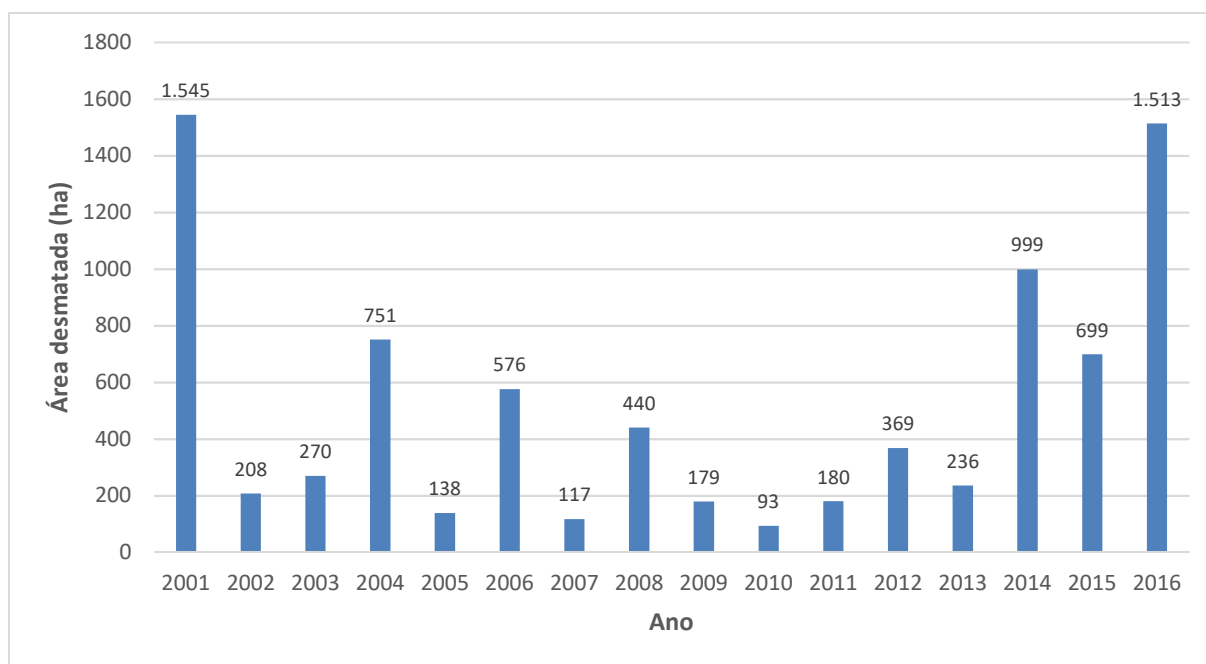


Figura 8 – Incremento do desmatamento anual na área de estudo, a partir de dados do PRODES.

Quanto ao desmatamento acumulado na área de estudo a partir do ano de 2006 até o ano de 2016 foi possível observar que os maiores incrementos de desmatamento ocorreram a partir do ano de 2014, sendo mensurado um incremento de 998 hectares entre os anos de 2013

e 2014, de 699 hectares entre os anos de 2014 e 2015 e de 1.513 hectares entre os anos de 2015 e 2016, sugerindo que o anúncio da reconstrução da BR-319 não causou grandes impactos imediatos nos incrementos do desmatamento, os quais foram observados apenas a partir do ano de 2014, fato que pode estar relacionado ao início das obras autorizadas a partir da emissão da Licença Ambiental Única (LAU) nº 422/2014 concedida pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) em 15 de agosto de 2014, que autorizou a atividade de serviços e obras de manutenção/recuperação da BR-319 (Rio Tupunã, km 177,80 até a entrada da BR-230, km 655,7).

Ao observar o gráfico das taxas de desmatamento no estado do Amazonas (Figura 9), se verifica uma diminuição da taxa de desmatamento de 2013 para 2014, diferente do ocorrido na área de estudo, onde houve um aumento do desmatamento (Figura 8). Entre os anos de 2014 e 2015 houve um aumento do desmatamento no estado do Amazonas (Figura 9), enquanto que na área de estudo nota-se uma diminuição do desmatamento (Figura 8). Já entre os anos de 2015 e 2016 houve um aumento no desmatamento na área de estudo, acompanhando a tendência observada no estado (Figuras 8 e 9).

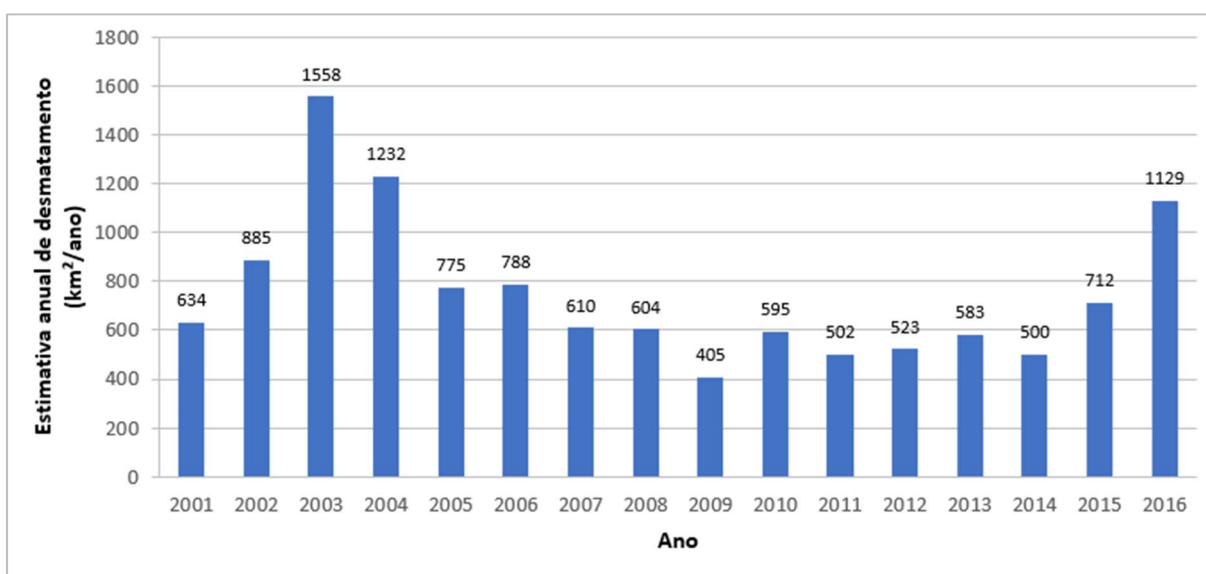


Figura 9 - Taxas anuais de desmatamento no estado do Amazonas do ano 2001 até 2016.

Desta forma, ao analisar o desmatamento na área de estudo foi possível distinguir 3 períodos: período anterior ao anúncio da reconstrução da BR-319 (2001 a 2005), período posterior ao anúncio da reconstrução da BR-319 (2006 a 2013) e período posterior à emissão do licenciamento ambiental para início das atividades de manutenção/conservação da BR-319.

No período de 2001 a 2005 foi observado um incremento de desmatamento no valor de 1.367 hectares. No período de 2006 a 2013 foi observado um incremento de desmatamento no valor de 1.614 hectares, valor semelhante ao período anterior ao anúncio da reconstrução da BR-319, sugerindo que o anúncio da reconstrução da rodovia não interferiu significativamente nas taxas de desmatamento na área de estudo. No entanto, a partir de 2014 – ano da emissão do licenciamento ambiental para início das atividades de manutenção/conservação da BR-319 (LAU 422/2014, de 15/08/2014) – até o ano de 2016 foi observado um incremento de desmatamento de 2.212 hectares num intervalo de apenas 3 (três) anos, representando 43% de todo o desmatamento calculado entre os anos de 2001 a 2016, conforme apresentado na Figura 10.

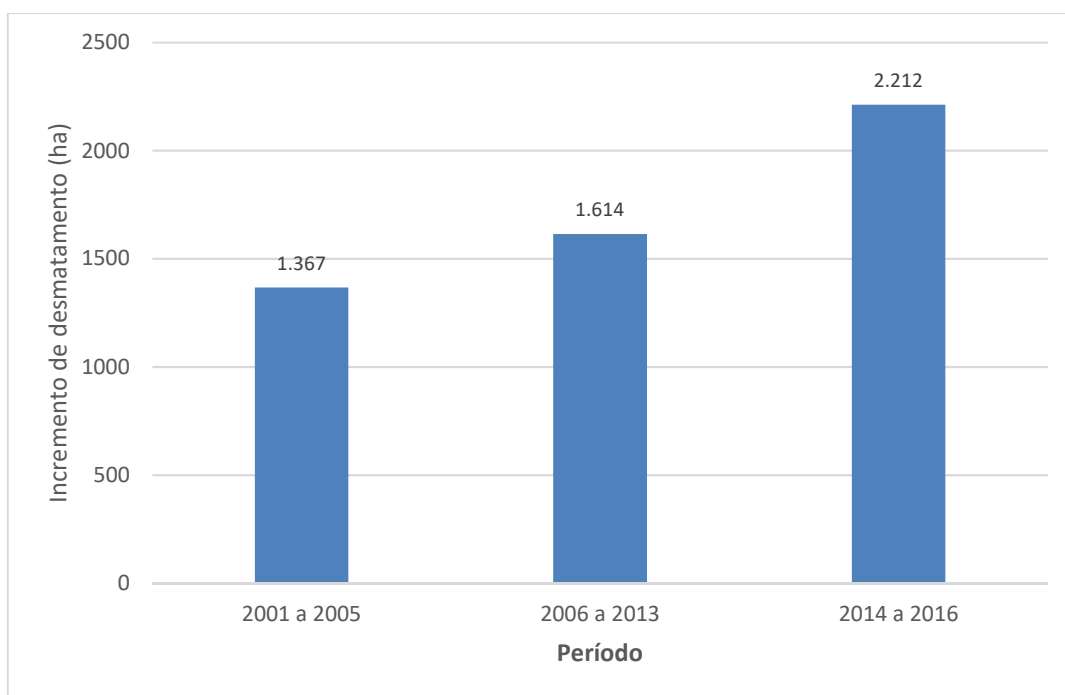


Figura 10 – Incremento (hectares) de desmatamento na área de estudo, a partir de dados do PRODES.

Análise espacial demonstrou que dos 28.384 hectares de desmatamento acumulado na área de estudo para o ano de 2016, 25.162 hectares, que correspondem a 88,7% do total, ocorreram em uma faixa de distância de até 5,5 km de rodovias oficiais (BR-319 e BR-230) e/ou de até 1,0 km de rios navegáveis. Destes 25.162 hectares, 19.564 hectares estão relacionados a desmatamentos na área de influência da rodovia BR-319, correspondendo a

68,9% do desmatamento total acumulado na área de estudo. Nesta análise não foram contabilizados os desmatamentos sob influência de estradas clandestinas.

Tais resultados foram semelhantes aos obtidos por Barber *et al.* 2014, que concluíram que 94,9% de todo o desmatamento na Amazônia brasileira ocorreu em uma faixa de distância de até 5,5 km das estradas oficiais e clandestinas (todo tipo: asfaltada e de terra) ou de até 1,0 km de rios navegáveis (Figura 11).

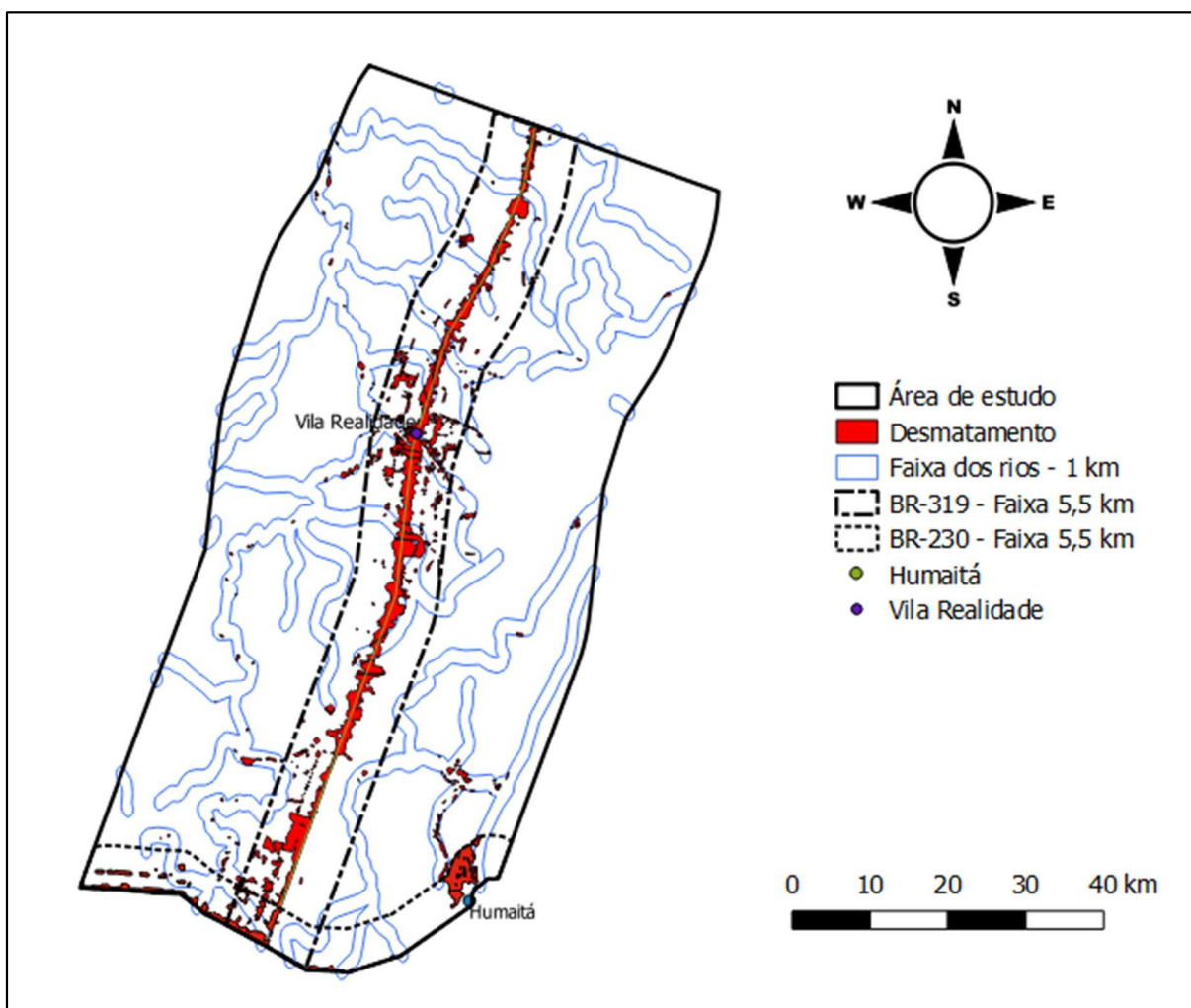


Figura 11 - Desmatamento acumulado localizado na faixa de 5,5 km das rodovias BR-319 e BR-230 e na faixa de 1 km de rios navegáveis.

Com o objetivo de avaliar a densidade do desmatamento na área de estudo, foi elaborado um mapa de calor (kernel) utilizando os centroides dos polígonos de desmatamento acumulado para o ano de 2016, obtidos através dos dados do PRODES.

A partir da densidade de kernel, o desmatamento foi classificado com níveis de densidade que são apresentados em diferentes cores. Azul significa densidade muito baixa,

verde indica densidade baixa, amarelo indica densidade média, laranja indica densidade alta e vermelho significa densidade muito alta (Figura 12).

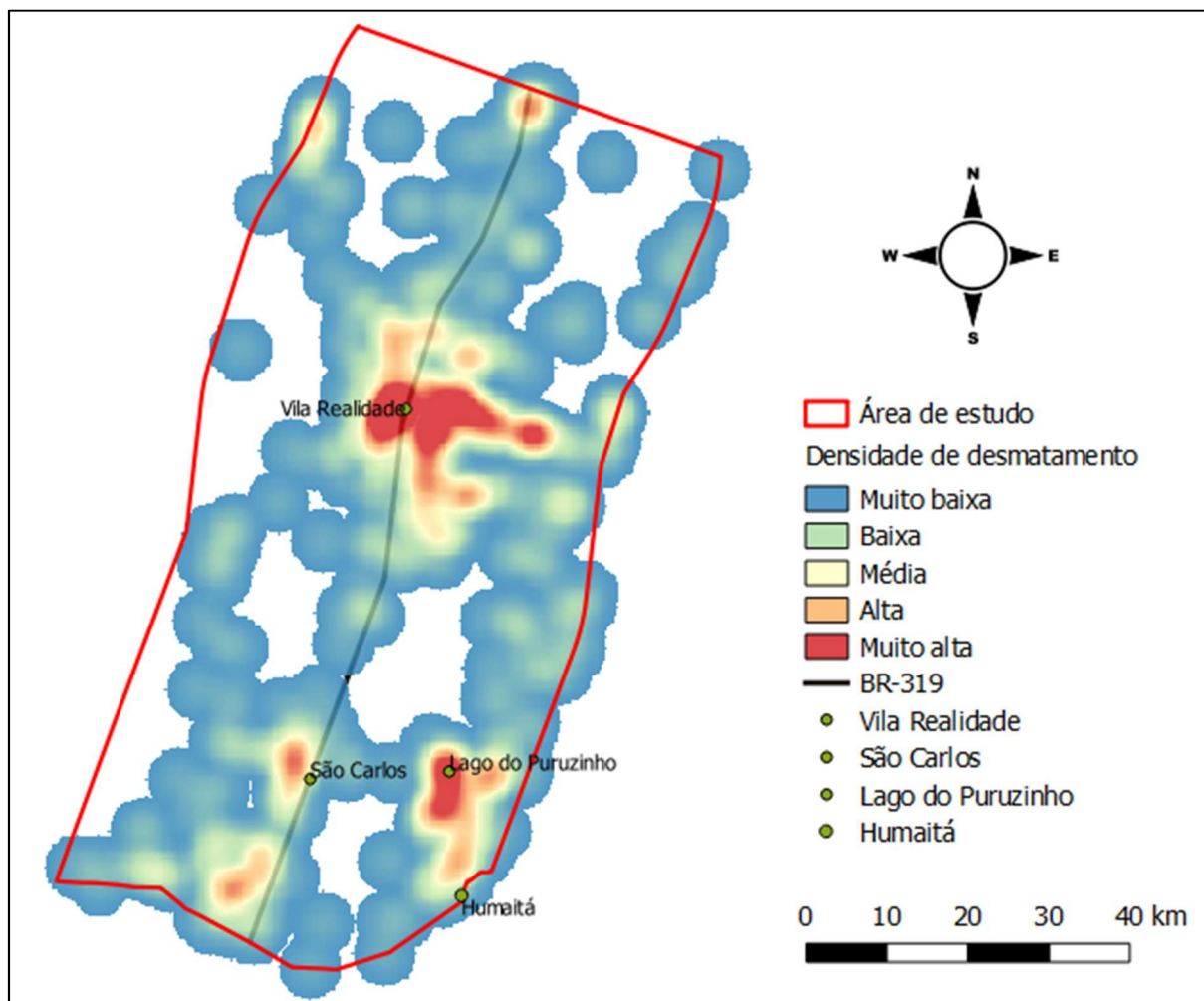


Figura 12 - Mapa de calor (kernel) para o desmatamento acumulado na área de estudo no ano de 2016.

Da análise do mapa é possível observar que a área com maior densidade de desmatamento (cor vermelha) é aquela formada pela comunidade Vila Realidade e pelo seu entorno, onde há maior concentração de polígonos de desmatamento. Outras áreas que também se destacam no mapa são a comunidade de São Carlos e a região do Lago do Puruzinho, próximo à sede do município de Humaitá.

5.1.1 Identificação dos polígonos de desmatamento com área inferior a 6,25 hectares

Foram identificados 1.234 polígonos classificados com área inferior a 6,25 hectares, totalizando 821 hectares, o que equivale a 0,15% da área de estudo, que possui 542.889 hectares. A área dos polígonos classificados variou entre 0,18 ha e 6,03 ha (Figura 13).

A distribuição por classes destes 1.234 polígonos apresentou os seguintes resultados: 1.024 possuem área menor que 1 hectare, acumulando área de 347,95 hectares. 122 possuem área de 1 até 1,99 hectares, somando área acumulada de 172,85 hectares. 39 possuem área de 2 a 2,99 hectares, somando área acumulada de 95,21 hectares. 24 possuem área de 3 a 3,99 hectares, somando área acumulada de 81,88 hectares. 15 possuem área de 4 a 4,99 hectares, totalizando 67,28 hectares. 9 possuem área de 5 a 5,99 hectares, totalizando 49,81 hectares. E 1 possui área de 6,03 hectares.

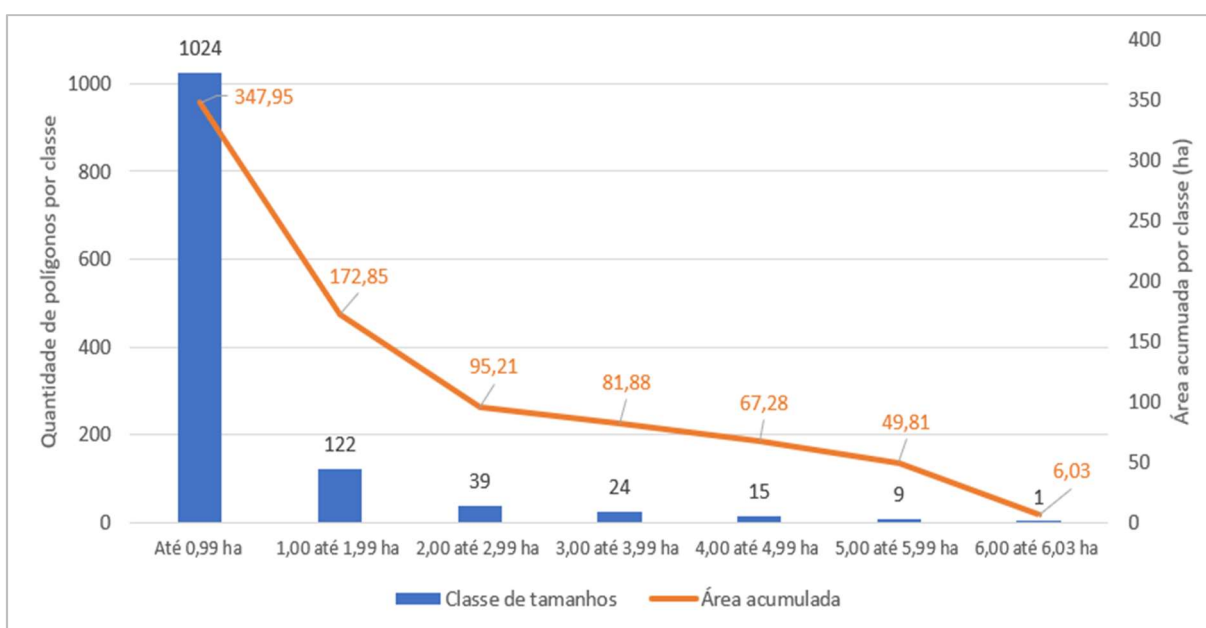


Figura 13 - Desmatamento acumulado em polígonos inferiores a 6,25 ha, agrupados por classe de tamanho na área de estudo até o ano de 2016.

Vários polígonos foram validados diretamente através da ferramenta OpenLayersPlugin do software QGIS, conforme demonstrado na Figura 14. Nos casos em que a resolução espacial da imagem Landsat e das imagens Google Earth se mostraram insuficientes, os polígonos classificados não puderam ser validados.



Figura 14 - Polígono de desmatamento (linha branca) com área de 0,18 ha, obtido por classificação supervisionada através do software livre QGIS. Ao fundo, imagem Google Earth.

O resultado obtido através da classificação ficou prejudicado por conta da resolução espacial da imagem Landsat. Isso sugere que esta técnica pode ser mais eficiente na detecção dos desmatamentos inferiores a 6,25 hectares quando empregada com imagens de satélite de melhor resolução espacial.

5.2 Evolução do desmatamento nas áreas protegidas sob influência da rodovia BR-319 nos períodos anterior e posterior ao anúncio da reconstrução (ano de 2006) da BR-319.

5.2.1 Evolução do desmatamento na faixa interna das áreas protegidas

Ao analisar os dados da evolução do desmatamento acumulado na faixa interna das unidades de conservação (FLONA Balata-Tufari e FES Tapauá) foi possível observar que no período anterior a 2005, ano de criação da FLONA Balata-Tufari, o desmatamento acumulado era de 480 hectares (Figura 15).

Entre os anos de 2004 e 2005 houve um incremento de 6 hectares na área de estudo. E entre os anos de 2005 e 2006 houve um incremento de 38 hectares de desmatamento na faixa

interna, localizados dentro da FLONA Balata-Tufari. Destes, 27 hectares estão relacionados à expansão de áreas anteriormente desmatadas nas proximidades da BR-230 e 11 hectares estão relacionados ao desmatamento ocorrido sobre nuvens por 1 ano, representando 8,8 ha e ao desmatamento não detectado ocorrido em anos anteriores (resíduo), representando 2,5 ha.

No período entre os anos de 2006 a 2010 não houve incremento na taxa de desmatamento. Em 2009 (ano de criação da FES Tapauá) o desmatamento acumulado na faixa interna das unidades de conservação totalizava 524 hectares, dos quais 238 hectares estavam localizados na FES Tapauá e 286 hectares estavam localizados na FLONA Balata-Tufari.

De 2010 a 2011 houve um incremento de 13 hectares, localizados dentro da FLONA Balata-Tufari e de 2011 a 2014 não houve incremento na taxa de desmatamento na área de estudo.

Foi identificada uma elevação na taxa de desmatamento entre os anos de 2014 e 2015 no valor de 57 hectares, dos quais 17 hectares ocorreram dentro da FES Tapauá (criada no ano de 2009) e 40 hectares dentro da FLONA Balata-Tufari. Já para o ano de 2016 não foi registrado incremento na taxa de desmatamento.

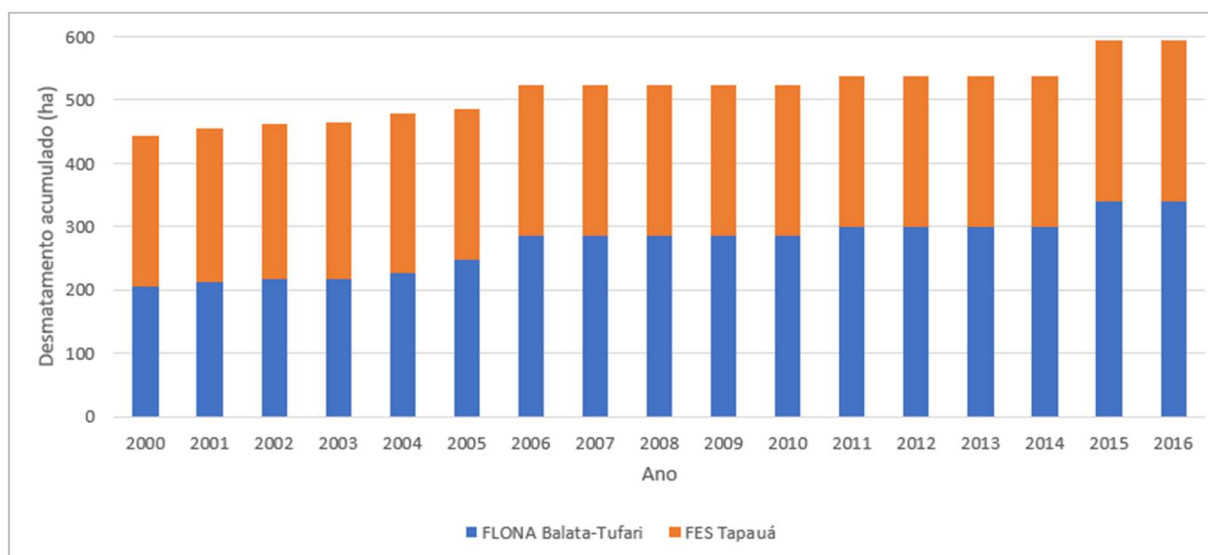


Figura 15 – Evolução do desmatamento acumulado na faixa interna das unidades de conservação.

5.2.2 Evolução do desmatamento na faixa externa das áreas protegidas

Ao analisar os dados da evolução do desmatamento acumulado na faixa externa das unidades de conservação (FLONA Balata-Tufari e FES Tapauá) foi possível observar que no período anterior a 2005, ano de criação da FLONA Balata-Tufari, o desmatamento acumulado era de 12.273 hectares (Figura 16). Entre os anos de 2004 e 2005 houve um incremento de 204 hectares na área de estudo. E entre os anos de 2005 e 2006 houve um incremento de 291 hectares (42,6%) de desmatamento na faixa externa a FLONA Balata-Tufari. No período seguinte entre os anos de 2006 a 2008 houve um incremento na taxa de desmatamento de 312 hectares (7%) na faixa externa a FLONA Balata-Tufari.

No ano de 2009 (ano de criação da FES Tapauá) foi identificado um desmatamento acumulado de anos anteriores de 2.786 hectares na faixa externa da FES Tapauá e de 10.456 hectares na faixa externa da FLONA Balata-Tufari. No período de 2009 a 2012 não foi registrado incremento de desmatamento na faixa externa a FES Tapauá. Por conseguinte, na faixa externa a FLONA Balata-Tufari foi registrado um incremento de 200 hectares. Por sua vez, o período de 2012 a 2013 houve um incremento de desmatamento de 98 hectares, sendo que 7 hectares foram na faixa externa a FES Tapauá e 91 foram na faixa externa a FLONA Balata-Tufari. Por fim, no período de 2013 a 2016 foram registrados os maiores incrementos de desmatamento na faixa externa. Foram 653 hectares entre 2013 e 2014 (8 hectares na faixa externa a FES Tapauá e 645 hectares na faixa externa a FLONA Balata-Tufari); 480 hectares entre 2014 e 2015 (55 hectares na faixa externa a FES Tapauá e 425 hectares na faixa externa a FLONA Balata-Tufari) e 558 hectares entre 2015 e 2016 (111 hectares na faixa externa a FES Tapauá e 447 hectares na faixa externa a FLONA Balata-Tufari).

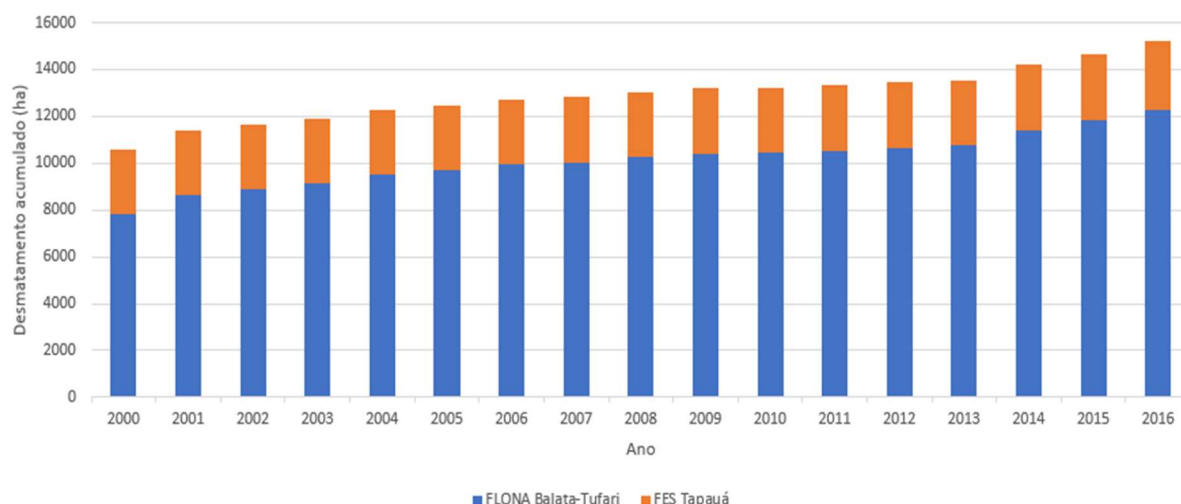


Figura 16 – Evolução do desmatamento acumulado na faixa externa das unidades de conservação.

Ao observar a evolução do desmatamento acumulado na faixa externa das unidades de conservação FLONA Balata-Tufari e FES Tapauá é possível notar que de 2006 (ano do anúncio da reconstrução da BR-319) até o ano de 2013 houve um incremento de desmatamento de 771 hectares. Já a partir do ano de 2014, o gráfico indica uma elevação na taxa do desmatamento e o incremento de 2013 a 2016 foi de 1.691 hectares (Figura 16).

Em ambos os gráficos (Figuras 15 e 16) é possível observar que as maiores taxas de desmatamento ocorreram a partir do ano de 2014. Tal fato coincide com início das obras autorizadas a partir da emissão da Licença Ambiental Única (LAU) nº 422/2014 concedida pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) em 15 de agosto de 2014, que autorizou a atividade de serviços e obras de manutenção/recuperação da BR-319 (Rio Tupunã, km 177,80 até a entrada da BR-230, km 655,7). Isto levar a crer que as obras para a melhoria das condições de trafegabilidade da estrada podem estar diretamente relacionadas com o aumento das taxas de desmatamento neste período.



Figura 17 – Placa do DNIT referente ao início das obras de manutenção (conservação/recuperação) na rodovia BR-319/AM.

A partir da análise espacial pôde-se observar que os polígonos de desmatamento encontrados na faixa interna ocorreram em sua maioria às margens do rio Ipixuna enquanto que na faixa externa, apesar de haver desmatamento encontrado à margem direita do rio Ipixuna, a maior ocorrência de desmatamento se deu nas proximidades das rodovias BR-319 e BR-230 (Figura 18).

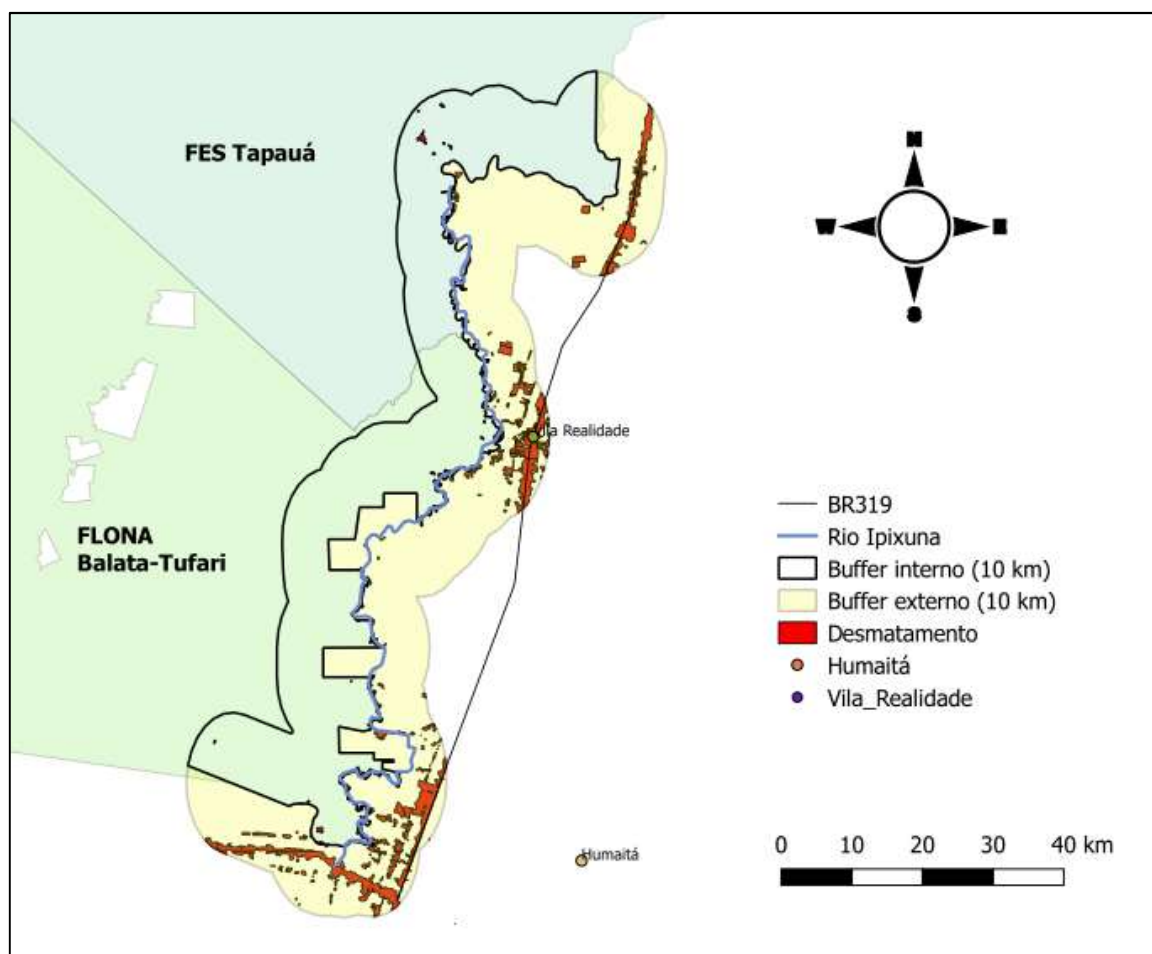


Figura 18 - Desmatamento acumulado até o ano de 2016 nas faixas interna e externa das áreas protegidas.

5.2.3 Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas

A partir da análise dos dados PRODES obtidos, foi possível calcular o desmatamento acumulado nas faixas interna e externa das áreas protegidas, conforme detalhado nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Desmatamento acumulado até o ano de 2016 nas faixas interna e externa da FES Tapauá.

Faixa de 10 km	Área (ha)	Desmatamento	Desmatamento
		Acumulado (ha)	Acumulado (%)
Interna	53.112,60	254,53	0,48
Externa	52.250,89	2.965,46	5,68
Total	105.363,49	3.219,99	3,06

A Tabela 2 mostra que a faixa interna da FES Tapauá registrou um desmatamento acumulado de 254,53 hectares, o que representa 0,48% do total da faixa interna, que possui área de 53.112,60 hectares. Já a faixa externa registrou um desmatamento acumulado de 2.965,46 hectares, que representa 5,68% do total da faixa externa, que possui 52.250,89 hectares. Desta forma é possível observar que o desmatamento acumulado (%) na faixa externa da FES Tapauá foi 11,8 vezes maior que o desmatamento acumulado (%) na faixa interna.

Tabela 3 - Desmatamento acumulado até o ano de 2016 nas faixas interna e externa da FLONA Balata-Tufari.

Faixa de 10 km	Área (ha)	Desmatamento	Desmatamento
		Acumulado (ha)	Acumulado (%)
Interna	93.352,97	340,18	0,36
Externa	117.210,66	12.265,04	10,46
Total	210.563,63	12.605,22	5,99

A Tabela 3 mostra que a faixa interna da FLONA Balata-Tufari registrou um desmatamento acumulado de 340,18 hectares, o que representa 0,36% do total da faixa interna, que possui área de 93.352,97 hectares. Já a faixa externa registrou um desmatamento acumulado de 12.265,04 hectares, que representa 10,46% do total da faixa externa, que possui 117.210,66 hectares. Desta forma é possível observar que o desmatamento acumulado (%) na faixa externa da FLONA Balata-Tufari foi aproximadamente 29 vezes maior que o desmatamento acumulado (%) na faixa interna.

Embora resultados obtidos mostram mais desmatamento na faixa externa do que na faixa interna, neste caso a existência de uma diferença não é suficiente para demonstrar que a área protegida foi eficiente em barrar ou diminuir o avanço do desmatamento para seu interior. Isto é devido à faixa exterior estar próxima à rodovia BR-319 e a expansão de desmatamento a partir da Vila Realidade, o que explica a alta taxa de desmatamento pela distância às estradas e distância aos desmatamentos já existentes. O fato da reserva estar longe da estrada é suficiente para explicar a taxa de desmatamento menor. O desmatamento em expansão a partir da Vila Realidade ainda não chegou até a borda da reserva. Além disso, uma complicação adicional ocorrerá quando o desmatamento chegar à borda da reserva, porque a borda da UC próxima da rodovia é delimitada por um rio, que deverá funcionar como uma barreira ao avanço de desmatamento, independentemente do fato da reserva ser uma área protegida.

Resultados mostrando mais desmatamento na faixa exterior do que na faixa interior foram encontrados por Nepstad et al. (2006), Vitel (2009) e Amaral (2016), que concluíram que as áreas protegidas são eficientes para inibir o desmatamento. Nos casos em que o desmatamento já chega até a borda de uma reserva, como em casos analisados por Vitel et al. (2009), a comparação entre faixas internas e externas pode fornecer uma evidência a funcionalidade da reserva, mas isto tem que ser visto caso a caso.

Ferreira e Venticinqu (2007) analisaram o desflorestamento em 426 áreas protegidas localizadas na Amazônia Legal (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) com objetivo de testar a eficiência das áreas protegidas na contenção do desflorestamento. Como resultado das análises, foi identificado que 264 áreas (62,3%) têm um desflorestamento interno menor do que o esperado em relação ao desflorestamento no seu entorno, indicando que as áreas protegidas estão contendo a pressão externa advinda do desflorestamento. Isto ocorre, inclusive, nas áreas protegidas próximo a rodovias e rios, demonstrando claramente o efeito inibidor que tais áreas possuem em relação ao desflorestamento. No estado do Amazonas foram avaliadas 164 áreas protegidas, das quais 118 apresentaram um desflorestamento menor do que o esperado e 46 apresentaram desflorestamento maior do que o esperado, demonstrando que a maior parte das áreas protegidas analisadas está conseguindo conter o processo de desflorestamento do seu entorno.

Nogueira *et al.* (2018) estudaram estoques e perdas de carbono para o desmatamento em áreas protegidas na Amazônia brasileira até 2014, identificaram que um total 57,0% de todo o carbono armazenado na Amazônia Legal foi mantido em áreas protegidas e concluíram

que se a proteção dessas áreas for eficaz, cerca de metade do carbono na Amazônia brasileira será mantida. O carbono em áreas protegidas possui valor estratégico para a conservação ambiental e para a mitigação das mudanças climáticas, pois o carbono nessas áreas está sob menor risco de ser emitido para a atmosfera do que o carbono armazenado em vegetação fora das áreas protegidas, embora a efetividade das áreas protegidas varie.

Com objetivo de analisar a vulnerabilidade ao desmatamento de áreas protegidas já implementadas na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento, nos Estados do Acre, Rondônia e Sul do Amazonas, Vitel (2009) identificou que 90% das áreas protegidas analisadas em seu estudo apresentaram taxas de desmatamento inferiores às taxas da área de seu entorno de 10 km. Tais resultados sugerem que as unidades de conservação são eficientes em reter o desmatamento dentro dos seus limites na parte Sudoeste do Arco do Desmatamento, de maneira que as frações de desmatamento são mais elevadas na área de entorno do que dentro destas. Também identificou que as unidades de proteção integral federais e as terras indígenas são as mais eficientes em conter o desmatamento e as unidades mais desmatadas são as unidades de uso sustentável estaduais.

Ao estudar a evolução do desmatamento de 1988 a 2014 em um mosaico de Unidades de Conservação em Sena Madureira – Acre e o seu entorno, Amaral (2016) identificou em faixas marginais internas e externas de 10 km, uma perda de cobertura vegetal de 1,1% da área interna e 8,6% da área externa estabelecida no mosaico de Unidades de Conservação estudadas, sendo que o desmatamento na faixa externa foi aproximadamente sete vezes maior que o desmatamento na faixa interna, sugerindo assim, que as unidades de conservação que compõem o mosaico cumprem um papel de frear o avanço do desmatamento. No entanto, tais resultados mostram que há uma grande pressão de avanço do desmatamento para dentro das unidades de conservação, exigindo assim maior atuação do órgão gestor para conter este avanço.

No sentido de avaliar a evolução dos valores de efetividade das áreas protegidas, foram calculados os valores a partir do ano de criação de cada área (Figura 19).

Para a FLONA Balata-Tufari (criada em 2005) os valores das taxas de desmatamento variaram de 27,7 a 31,1 vezes maior fora da unidade de conservação do que no seu interior e para a FES Tapauá (criada em 2009) a variação nas taxas de desmatamento foi de 11,4 a 12 vezes maior fora da unidade de conservação do que no seu interior, demonstrando que a Unidade de Uso Sustentável federal (FLONA Balata-Tufari) apresentou maior eficiência em

conter o desmatamento em toda a série histórica em relação à Unidade de Uso Sustentável estadual (FES Tapauá).

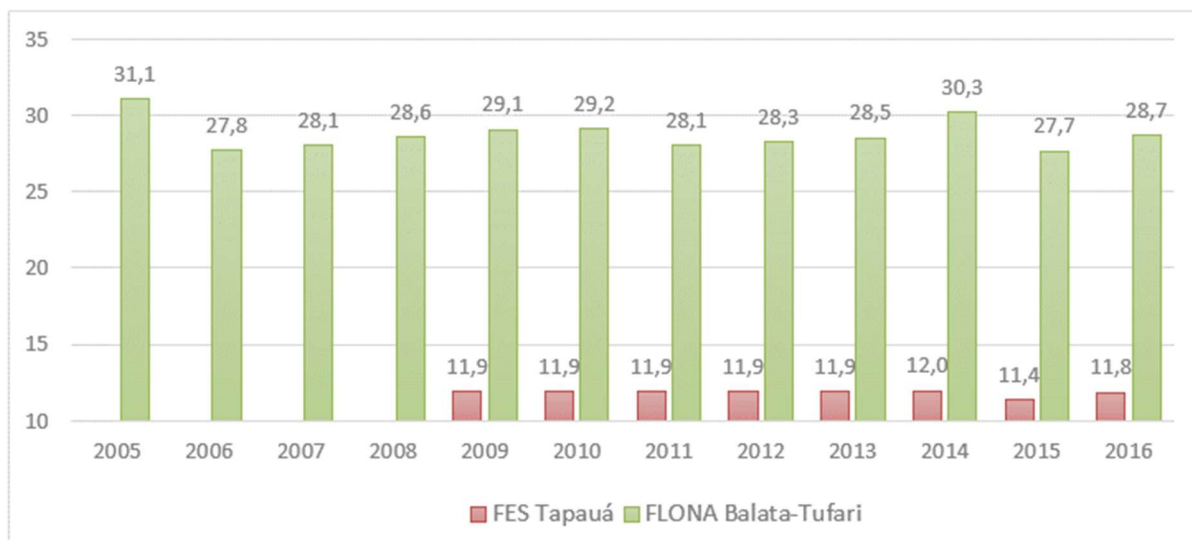


Figura 19- Efetividade das áreas protegidas a partir do ano de sua criação.

Contudo, como observado na figura 18, a pressão na área externa do buffer está concentrada no eixo central da rodovia, não constituindo ainda uma pressão direta no limite das unidades de conservação. Este fato, pode estar mascarando a real efetividade dessas UCs, criando uma falsa impressão de que estejam sendo efetivas *de facto*.

Ao avaliar a efetividade de proteção das Unidades de Conservação em regiões próximas a parte do Sul do Amazonas, onde já ocorreram os processos de expansão e consolidação da fronteira agrícola, Vitel *et al.* (2009) identificaram que as unidades de conservação mais desmatadas na área de estudo foram as Unidades de Uso Sustentável estaduais, que apresentaram uma taxa média de desmatamento 2,4 vezes maior fora da reserva do que no seu interior, enquanto que as Unidades de Proteção Integral federais apresentaram uma taxa média de desmatamento 25,9 vezes maior fora da reserva do que no seu interior.

5.3 Uso e cobertura da terra na área de influência da rodovia BR-319

Na área de estudo foram mapeados pelo projeto TerraClass 542.938 hectares, identificados pelas seguintes classes de uso e ocupação: área não observada, área urbana, desflorestamento, floresta, hidrografia, mosaico de ocupações, não floresta, outros, pasto limpo, pasto sujo, regeneração com pasto e vegetação secundária, conforme detalhado na Tabela 4.

Tabela 4 - Área (ha) e proporção (%) das classes temáticas de uso e ocupação mapeadas pelo projeto TerraClass nos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014. Classes que foram agrupadas encontram-se em destaque em verde e em vermelho, correspondendo respectivamente as classes: Demais classes e Pastagem.

Classes	Área (hectares)					Proporções (%)				
	2004	2008	2010	2012	2014	2004	2008	2010	2012	2014
Área não observada	97	417	61	598	106	0,02	0,08	0,01	0,11	0,02
Área urbana	-	-	-	13	208	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Desflorestamento	409	439	93	346	1.005	0,08	0,08	0,02	0,06	0,19
Mosaico de ocupações	787	1.860	2.599	2.878	3.878	0,14	0,34	0,48	0,53	0,71
Floresta	489.597	487.386	487.115	486.595	485.266	90,18	89,77	89,72	89,62	89,38
Hidrografia	7.237	7.237	7.237	7.237	7.237	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
Não floresta	24.307	24.307	24.307	24.307	24.307	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48
Outros	204	37	189	553	473	0,04	0,01	0,03	0,10	0,09
Pasto limpo	5.135	4.647	3.848	4.911	4.466	0,95	0,86	0,71	0,90	0,82
Pasto sujo	2.781	2.992	3.024	1.063	1.311	0,51	0,55	0,56	0,20	0,24
Regeneração com pasto	759	1.192	2.073	1.084	2.421	0,14	0,22	0,38	0,20	0,45
Vegetação secundária	11.627	12.425	12.392	13.354	12.262	2,14	2,29	2,28	2,46	2,26

Os resultados obtidos por meio do TerraClass na área de estudo não apresentaram registro da classe identificada como agricultura.

Para a análise da dinâmica de uso e ocupação da terra na área de estudo, as classes pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto foram agrupadas numa única classe denominada “Pastagem” e as classes área urbana, desflorestamento e mosaico de ocupações foram agrupadas numa única classe denominada “Demais classes”.

As classes temáticas das áreas desflorestadas com maior frequência de ocorrência na área de estudo foram vegetação secundária e pastagem (Figura 20).

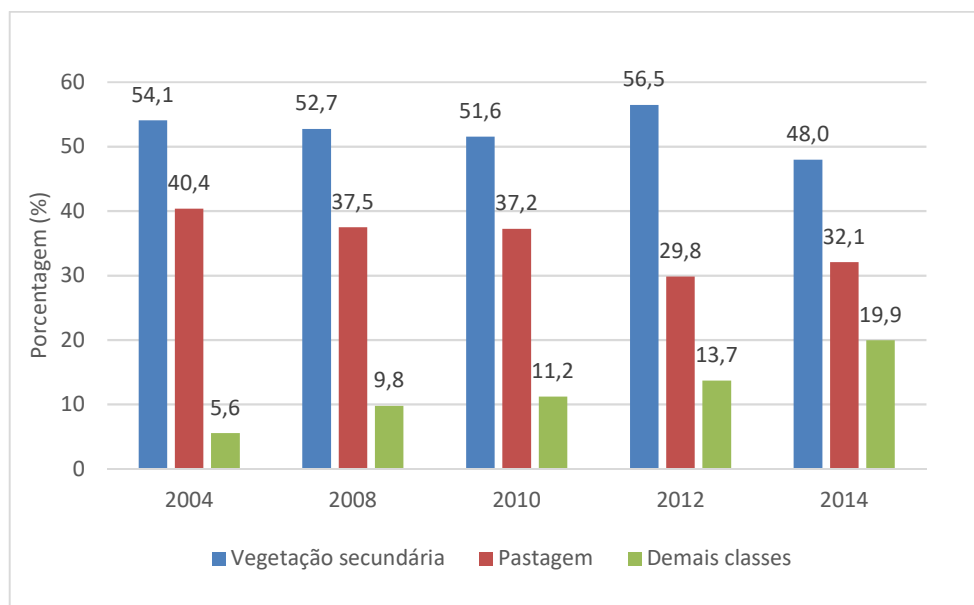


Figura 20 - Percentual de uso e ocupação da terra dos desflorestamentos na área de estudo.

Conforme demonstrado na Figura 20, a participação relativa da Vegetação secundária variou de 54,1% no ano de 2004 para 48% no ano de 2014. A classe “Pastagem” apresentou queda de 40,4% em 2004 para 29,8% em 2012, e no ano de 2014 apresentou um aumento para 32,1% da área de desflorestamento. Do total de vegetação secundária em 2014 na área de estudo, 7,16% encontra-se próxima de rios e 92,8% encontra-se próxima de estradas.

Na Amazônia, as áreas em processo de regeneração são denominadas “capoeiras” e sua ocorrência na paisagem relaciona-se a fatores físicos e socioeconômicos regionais (Alves, 2002; Alves et al., 2003; Lu et al., 2003 apud Massoca et al., 2013). Áreas com concentração de pequenos produtores rurais tendem a apresentar grandes extensões de vegetação secundária devido aos ciclos repetitivos de corte e queima nas áreas de agricultura tradicional que influem positivamente na formação de “capoeiras” (Perz e Skole, 2003 apud Massoca et al., 2013). À medida que a ocupação de uma região se consolida e que o desmatamento e o uso da terra se intensificam, o abandono da terra e a consequente formação de vegetação secundária diminuem (Almeida et al., 2010).

Dessa forma, os resultados observados na Figura 20 sugerem uma dinâmica menos intensa do uso da terra na área de estudo, característico de pequenos agricultores que utilizam

o pousio da terra como prática agrícola ou de pastagens abandonadas pela baixa produtividade.

A categoria “Demais classes” foi a que mais apresentou aumento percentual nos mapeamentos de 2004 a 2014, com valores variando de 5,6% em 2004 para 19,9% em 2014, impulsionada principalmente pela classe “Mosaico de ocupações”, onde está incluída a agricultura familiar associada à pecuária de subsistência. A categoria “Área urbana” aparece na área de estudo apenas nos mapeamentos de 2012 e 2014. No ano de 2012 está localizada nas proximidades da sede de Humaitá, ocupando uma área de 13 hectares. Já no ano de 2014 contabiliza 208 hectares, dos quais 74 hectares estão localizados nas proximidades da sede de Humaitá e 134 hectares estão localizados na comunidade de Vila Realidade e entorno.

A Tabela 5 detalha o resultado da análise dos dados do TerraClass 2014 na faixa interna de 10 km das áreas protegidas, mostrando que na FLONA Balata-Tufari 55,9% das áreas desflorestadas foram classificadas como vegetação secundária. Essas áreas situam-se às margens do rio Ipixuna e dos igarapés Balata e Abelhas. E 39,98% das áreas desflorestadas foram classificadas como pastagem (pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto) e situam-se às margens do rio Ipixuna e do igarapé Balata. Para a FES Tapauá as classes vegetação secundária e pastagem (regeneração com pasto) representaram, respectivamente, 84,07% e 6,15% dos desflorestamentos e situam-se às margens do rio Ipixuna. Em sua maioria, as áreas apresentam características de ocupação por população ribeirinha. Esta altíssima percentagem de vegetação secundária observada em ambas UCs é característica de populações tradicionais que utilizam o pousio como uma prática na agricultura familiar.

Tabela 5 - Área (ha) e proporção (%) das classes de uso e ocupação do projeto TerraClass 2014 nos desflorestamentos mapeados na faixa interna das áreas protegidas.

Classe	FLONA Balata-Tufari		FES Tapauá	
	Área (ha)	Proporção (%)	Área (ha)	Proporção (%)
Desflorestamento	0,62	0,21	0	0,00
Mosaico de ocupações	11,53	3,91	20	9,79
Pasto limpo	90,97	30,85	0	0,00
Pasto sujo	2,35	0,80	0	0,00
Regeneração com pasto	24,57	8,33	12,56	6,15
Vegetação secundária	164,83	55,90	171,78	84,07
Total	294,87	100,00	204,34	100,00

Já a Tabela 6, que detalha o resultado da análise dos dados do TerraClass 2014 na faixa externa de 10 km das áreas protegidas, apresenta a classe área urbana, com 133,67 ha, representada pela Vila Realidade e entorno. Também mostra que na FLONA Balata-Tufari 41,37% das áreas desflorestadas foram classificadas como vegetação secundária. Essas áreas situam-se às margens do rio Ipixuna e das rodovias BR-319 e BR-230. E 37,3% das áreas desflorestadas foram classificadas como pastagem (pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto) e concentram-se em 2 locais: nas proximidades da área urbana da Vila Realidade e nas proximidades do entroncamento da BR-319 com a BR-230.

Para a FES Tapauá as classes vegetação secundária e pastagem (pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto) representaram, respectivamente, 51,09% e 35,32% dos desflorestamentos. As áreas de vegetação secundária situam-se às margens do rio Ipixuna e da rodovia BR-319 e as áreas de pastagem situam-se quase que completamente às margens da BR-319. Os valores de vegetação secundária obtidos aqui também são superiores àqueles encontrados por Almeida et al. (2010) para a Amazônia Legal, como um todo, de aproximadamente 20%. Este fato pode revelar que também na faixa externa há uma presença grande de pequenos agricultores que utilizam a prática de pousio como manejo agrícola. Apesar de que nas áreas externas de ambas UCs há uma participação maior da atividade pastoril do que no interior das UCs.

Tabela 6 - Área (ha) e proporção (%) das classes de uso e ocupação do projeto TerraClass 2014 nos desflorestamentos mapeados na faixa externa das áreas protegidas.

Classe	FLONA Balata-Tufari		FES Tapauá	
	Área (ha)	Proporção (%)	Área (ha)	Proporção (%)
Área urbana	133,67	1,47	0	0
Desflorestamento	648,23	7,11	0	0
Mosaico de ocupações	1.162,60	12,75	256,30	13,59
Pasto limpo	1.746,93	19,16	332,58	17,64
Pasto sujo	558,89	6,13	160,68	8,52
Regeneração com pasto	1.094,86	12,01	172,67	9,16
Vegetação secundária	3.771,69	41,37	963,62	51,09
Total	9.116,87	100,00	1.885,85	100,00

6. CONCLUSÃO

O anúncio da reconstrução da BR-319 no ano de 2006 não provocou aumento imediato nas taxas de desmatamento na área abrangida por este estudo. Os resultados sugerem que as atividades de manutenção/conservação da rodovia iniciadas no ano de 2014 (após a emissão do licenciamento ambiental da atividade) podem estar relacionadas ao incremento das taxas de desmatamento na área de estudo. A maior concentração de polígonos de desmatamento acumulado encontra-se na localidade de Vila Realidade e seu entorno.

A partir da análise espacial verificou-se que 88,7% do desmatamento acumulado até o ano de 2016 ocorreu em uma faixa de distância de até 5,5 km das rodovias oficiais (BR-319 e BR-230) e/ou de até 1,0 km de rios navegáveis, dos quais 68,9% estão relacionados a desmatamentos na área de influência da rodovia BR-319.

O desmatamento fora das unidades foi superior ao desmatamento detectado dentro das unidades, considerando faixas interna e externa de 10 km nos limites das áreas protegidas. Essa diferença foi mostrada nos casos da Unidade de Uso Sustentável federal (FLONA Balata-Tufari) e da Unidade de Uso Sustentável estadual (FES Tapauá), sendo que a diferença foi maior no caso da primeira. A análise espacial demonstrou que os polígonos de desmatamento encontrados na faixa interna ocorreram em sua maioria às margens do rio Ipixuna, enquanto que na faixa externa a maior ocorrência de desmatamento se deu nas proximidades das rodovias BR-319 e BR-230. Embora outros estudos de efetividade de UCs utilizando comparação entre faixas externas e internas tenham demonstrado a inibição do desmatamento por áreas protegidas, no presente estudo esse método não permitiu demonstrar efeito sobre a efetividade, dado as peculiaridades do posicionamento geográfico das UCs em relação ao foco de desmatamento às margens da BR-319.

Quanto à análise da dinâmica de uso e ocupação do solo nos desflorestamentos quantificados, foram identificadas grandes extensões de vegetação secundária, sugerindo uma dinâmica menos intensa do uso da terra na área de estudo.

Este trabalho conclui que as estradas se mostram uma indutora do desmatamento, podendo ser uma grande ameaça à biodiversidade desta região e as áreas protegidas exercem papel relevante como estratégia de conservação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, A., *et al.* Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”. IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Março de 2004.
- Almeida, C. A. *et al.* Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. *Acta Amazonica*. VOL. 40(2): 289-302. 2010
- Alves, D. S. *et al.* Taxas de Mudança e Padrões de Desmatamento e Uso da Terra na Amazônia Brasileira. American Geophysical Union, Washington, D.C., USA. 2009.
- Amaral, E. Evolução do desmatamento de um mosaico de unidades de conservação do município de Sena Madureira – Acre e suas implicações para conservação. Dissertação de Mestrado. Manaus, AM, 2016.
- ARPA - Programa de Áreas Protegidas da Amazônia. Desmatamento e Mudanças Climáticas. WWF-Brasil. 2010.
- Barni, P. E.; Fearnside, P. M.; Graça, P. M. L. A. Desmatamento no sul do Estado de Roraima: padrões de distribuição em função de Projetos de Assentamento do INCRA e da distância das principais rodovias (BR-174 e BR-210). *Acta Amazônica*. vol. 42(2) 2012: 195 - 204.
- Barber, C. P., *et al.* Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. 2014.
- Bernard, E., *et al.* BR-319. Projeto de Reconstrução. Contribuições ao processo de Licenciamento e Análise do Estudo de Impactos Ambientais. Greenpeace. Manaus-AM. 2009.
- Câmara, G.; Valeriano, D. M.; Soares, J. V. Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. São José dos Campos, INPE, set/2006.
- Carvalho, F. S. R.; Nakata, S.R.M. Sensoriamento Remoto no Controle do Desmatamento da Amazônia. Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP. Jacareí-SP. 2009.
- Costa, J. A. L., *et al.* Identificação do Desmatamento das Unidades Especiais na Área de Delimitação Provisória (ALAP) da BR-319. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4325.
- Coutinho, A. C., *et al.* Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal. TerraClass 2008. EMBRAPA - DF. INPE - SP. 2013.
- Coutinho, A.; Almeida, C. Projeto TERRACLASS Amazônia Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra na Amazônia Legal Brasileira. EMBRAPA. Cuiabá-MT. 2012.
- Dall'asta, *et al.*, Evolução do arranjo espacial urbano e das terras agrícolas no entorno de Santarém (Pará) no período de 1990 a 2010: Uma análise integrada baseada em sensoriamento remoto e espaços celulares. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

Duarte, V., *et al.* Metodologia para criação do PRODES digital e do banco de dados digitais da Amazônia - projeto BADDAM. INPE. São José dos Campos - SP. 2003.

Escada, M. I. S. *et al.* Dinâmica do desmatamento na área de influência das usinas hidroelétricas do complexo do rio Madeira, RO. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

Fearnside, P. M.; Graça, P. M. L. A. O EIA-RIMA da Rodovia BR-319: Decisão Crítica sobre a Abertura do Coração da Amazônia ao Desmatamento. de Pesquisas da Amazônia - INPA. 2009. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/eventos/audiencia-publica/audiencia-publica-br-319/os_impactos_rodovia_br-319.pdf> Acesso em 12/01/2017.

Fearnside, P. M.; Graça, P. M. L. A. Br-319: a rodovia Manaus-Porto Velho e o impacto potencial de conectar o arco de desmatamento à Amazônia central. Novos Cadernos NAEA v. 12, n. 1, p. 19-50, jun. 2009, ISSN 1516-6481.

Fearnside, P. M.; Graça, P. M. L. A. BR-319: A rodovia Manaus-Porto Velho e o impacto potencial de conectar o arco de desmatamento à Amazônia central. INPA, Manaus-AM, 2005.

Fearnside, P. M.; Graça, P. M. L. A. Rodovia BR-319: o custo ambiental de ligar o arco do desmatamento ao coração da Amazônia. INPA, Manaus-AM, 2006.

Fearnside, P.M. Impacto do desmatamento Amazônico sobre o ambiente urbano em Manaus. pp. 73-82. 2010.

Fearnside, P.M. 2017. Deforestation of the Brazilian Amazon. In: H. Schugart (ed.) *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. Oxford University Press, New York, USA. (In press)

Fearnside, P. M.. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. Acta Amazônia. VOL. 36(3) 2006: 395 - 400

Fearnside, P. M.. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Megadiversidade. Volume 1. Nº 1. Julho. 2005.

Ferreira, L. V.; Venticinque, E. M.; Almeida, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. ESTUDOS AVANÇADOS 19 (53), 2005. p. 157-166.

Ferreira, L.V.; Venticinque, E. M. Áreas protegidas como estratégia para conter o desflorestamento na Amazônia Brasileira. In: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 59., 2007, Belém. **Anais...** Disponível em: <www.sbpnet.org.br/livro/59ra/pdf/Leandro2.pdf>

Graça, P. M. L. A. *et al.* Detecção de desmatamento em novas áreas de expansão agropecuária no sul do Amazonas utilizando imagens CBERS-2. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 917-924.

Graça, P. M. L. A. *et al.* Cenários de desmatamento para região de influência da rodovia BR-319: perda potencial de habitats, status de proteção e ameaça para a biodiversidade. INPA. Manaus-AM. 2014.

GREENPEACE BRASIL. BR-319: a grande ameaça ao estado mais preservado na Amazônia. 2008. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/br-319-a-grande-amea-a-ao-est/>> Acesso em 15/01/2017.

INPE. Instituto de Pesquisas Espaciais. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no período de 10 anos nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal Brasileira. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/arquivos/TerraClass_2014_v3.pdf> Acesso em 12/04/2017.

INPE. Instituto de Pesquisas Espaciais. Dados TerraClass. Projeto TerraClass. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php> Acesso em: 15/01/2017.

INPE. Instituto de Pesquisas Espaciais. Dados TerraClass 2010. Projeto TerraClass. Disponível em: <www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php> Acesso em: 15/01/2017.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa de Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia Brasileira por Satélite – PRODES. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital>>. Acesso em 15/01/2017.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Desmatamento. Informativo Técnico nº 1. Brasília - DF. 2003.

Leitold, V.; Lima, A.; Shimabukuro, Y.E. Estudo da associação espacial entre áreas queimadas e desmatamento na Amazônia Oriental, Estado do Pará. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

Lemos, A. F. L. Desmatamento na Amazônia Legal: Evolução, Causas, Monitoramento e Possibilidades de Mitigação Através do Fundo Amazônia. Floresta e Ambiente. 2011. UFRRJ. Rio de Janeiro – RJ.

Maciel, A. M. Mineração de Grafos em Dados Espaciais de Desmatamento. Dissertação de Mestrado. Mossoró-RN, 2012.

Marquesini, M.; Lerer, R. Tolerância Zero: Chega de Madeira Ilegal. Por que a exploração de madeira na Amazônia está fora de controle. Greenpeace Brasil. Dezembro de 2005.

Margulis, S. Causas do Desmatamento na Amazônia Brasileira. 1a Edição. Brasília-DF, 2003.

Massoca, P. E. D. S.; Yanai, A. M.; Graça, P. M. L. A.; Fearnside, P. M.; Mesquita, R. C. G. Dinâmica espaço - temporal da vegetação secundária no município de Apuí (AM). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu - PR. Anais. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. P. 1-11.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Consultas públicas para criação de unidades de conservação na região de entorno da BR-319 (Manaus-Porto Velho). Julho - 2006. Brasília-DF Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf/_arquivos/folder_consulta1.pdf> Acesso em 12/01/2017.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Análise sobre correlações entre crédito rural e dinâmica de desmatamento na Amazônia entre 1999 e 2006. Nota Técnica. Brasília, 16 de maio de 2008.

Nepstad, D., Schwartzman, S., Bamberger, B., Santilli, M., Ray, D., Schlesinger, P., Lefebvre, P., Alencar, A., Prinz, E., Fiske, G., Rolla, A. 2006. Inhibition of Amazon Deforestation and Fire by Parks and Indigenous Lands. *Conservation Biology*, 20: 65-73. doi:10.1111/j.1523-1739.2006.00351.x

Nogueira et al. Carbon stocks and losses to deforestation in protected areas in Brazilian Amazonia. *Regional Environmental Change*, 2017. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s10113-017-1198-1>> Acesso em 22/07/2018.

Nogueira, E. M., Yanai, A. M., Vasconcelos, S. S., Graça, P. M. L. A., & Fearnside, P. M. (2017). Carbon stocks and losses to deforestation in protected areas in Brazilian Amazonia. *Regional Environmental Change*. Advance online publication. doi:10.1007/s10113-017-1198-1

Pfaff, A., *et al.* Impactos de Estradas na Amazônia Brasileira. *Amazonia and Global Change Geophysical Monograph Series* 186. 10.1029/2008.

RAISG. Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada. Amazônia sob Pressão. 68 p. 2012. disponível em: <www.raisgsocioambiental.org.br> Acesso em 12/01/2017.

Reydon, B. P. O desmatamento da Floresta Amazônica: causas e soluções. *Economia Verde*. Desafios e oportunidades. Nº 8. Junho de 2011.

Rodrigues, R.L.V. 2004 Análise dos Fatores Determinantes do Desflorestamento na Amazônia Legal [Rio de Janeiro] 2004. IV, 249 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc,Planejamento Energético).

Saito, E. A., Caracterização de trajetórias de padrões de ocupação humana na Amazônia Legal por meio de mineração ao de dados. INPE. São José dos Campos. 2011.

Saito, E. A., *et al.* Análise de padrões de desmatamento e trajetória de padrões de ocupação humana na Amazônia usando técnicas de mineração de dados. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2833.

Sant'ana, A. B.; Young, C. E. F., Direitos de propriedade, desmatamento e conflitos rurais na Amazônia. *Economia Aplicada*, v. 14, n. 3, 2010, pp. 381-393.

Santos, R. P. Os principais fatores do desmatamento na Amazônia (2002-2007) - uma análise econométrica e espacial. Dissertação de Mestrado. Brasília-DF. 2010.

Silva, M. S. F., Souza, R. M. Padrões espaciais de alterações da paisagem na Floresta Nacional do Ibura, Sergipe, Brasil. NPGeo. São Cristóvão. UFS-SE. 2013.

Vitel, C. S. M. N. 2009. Modelagem da dinâmica do desmatamento de uma fronteira em expansão, Lábrea, Amazonas. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA), Fundação Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brasil. p 121.

Vitel, C.S.M.N.; Fearnside, P.M.; Graça, P.M.L.A. Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte sudoeste do Arco do Desmatamento. In Anais XIV SBSR, 2009.

WWF. World Wide Fund for Nature. Governo federal anuncia novas unidades de conservação no Amazonas, mas frustra expectativas. 2008. Disponível em <http://www.wwf.org.br/informacoes/noticias_meio_ambiente_e_natureza/index.cfm?uNewsID=12940> Acesso em 12/01/2017.

WWF. World Wide Fund for Nature. Brasil. ESTRADAS: Maior parte do desmatamento da região está concentrado em rodovias. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/amazonia1/ameacas_riscos_amazonia/infraestrutura_na_amazonia/estradas_na_amazonia> Acesso em: 15/01/2017.